



Universidade Federal de Sergipe



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física

EDIGENIA FERREIRA SANTOS

**VARIÁVEIS CEFÉIDAS E A CONTRIBUIÇÃO FEMININA NA
CIÊNCIA: RECURSOS PARA O ENSINO DE OSCILAÇÕES,
ONDAS E ÓPTICA**

São Cristovão - SE

2017

EDIGENIA FERREIRA SANTOS

**VARIÁVEIS CEFÉIDAS E A CONTRIBUIÇÃO FEMININA NA
CIÊNCIA: RECURSOS PARA O ENSINO DE OSCILAÇÕES,
ONDAS E ÓPTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação Profissional em Ensino
de Física, da Universidade Federal de
Sergipe como requisito para a obtenção
do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Scarano Jr.

São Cristóvão - SE

2017

EDIGENIA FERREIRA SANTOS

**VARIÁVEIS CEFÉIDAS E A CONTRIBUIÇÃO FEMININA NA
CIÊNCIA: RECURSOS PARA O ENSINO DE OSCILAÇÕES,
ONDAS E ÓPTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação Profissional em Ensino
de Física, da Universidade Federal de
Sergipe como requisito para a obtenção
do título de Mestre em Ensino de Física.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Sergio Scarano Júnior- Orientador
Universidade Federal de Sergipe

Prof^a. Dr^a Elza Ferreira Santos
Instituto Federal de Sergipe

Prof^a. Dr^a Laelia Pumilla Botelho Campos dos Santos
Universidade Federal de Sergipe

São Cristovão - SE

2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Muitas vezes por motivos diversos temos de enfrentar obstáculos e até pensamos em desistir de alcançar nossos objetivos. Nesses momentos, encontramos verdadeiros amigos de quem nem esperávamos essa relação de amizade.

Esses novos amigos vieram durante o Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, turma de 2015, aos quais agradeço pelo companheirismo e pela atenção dispensada nessa jornada.

Aos professores, por nos mostrarem novos caminhos para sermos melhores em nossa prática docente.

À SBF, à Capes e à UFS por abrirem mais esse espaço de aperfeiçoamento dos professores que atuam na Educação Básica, categoria atualmente tão desprestigiada por alguns setores do governo e da sociedade.

Ao Edmórgenes, à Elaine e ao Elysson, por serem simplesmente o que são: meus amados irmãos que sempre me incentivam e me apoiam em todos os meus projetos.

Aos meus amigos que sobreviveram às minhas ausências.

Aos meus alunos, um dos motivos pelos quais busco cada dia mais me aperfeiçoar.

Não posso deixar de agradecer ao meu pai José Elio; muitas vezes ausente devido a sua labuta pelas estradas de nosso Brasil, mas sempre presente em meu coração. E a minha mãe Tereza que é minha inspiração e fortaleza em todos os projetos de minha vida.

Quero agradecer muito especialmente ao Prof. Dr. Sérgio Scarano Júnior, Coordenador do MNPEF, polo 11, da UFS, pela extrema dedicação com que exerce sua função e pelo empenho na melhoria de nosso curso.

Finalmente e com muito orgulho, agradeço agora não mais ao Prof. Dr. Sérgio Scarano, coordenador do MNPEF, pólo 11, da UFS, mas sim ao Prof. Scarano, ou simplesmente Sérgio, por ter aceitado me orientar e por toda a paciência que teve comigo nessa trajetória. Sua orientação e exemplo de profissional e ser humano só ratificaram as escolhas que fiz antes de iniciar o mestrado; elas me mostram que hoje estou no caminho correto.

EPÍGRAFE

A vontade de se preparar precisa ser
maior que a vontade de vencer.

Bob Knight

RESUMO

SANTOS, E. F. **VARIÁVEIS CEFÉIDAS E A CONTRIBUIÇÃO FEMININA NA CIÊNCIA: RECURSOS PARA O ENSINO DE OSCILAÇÕES, ONDAS E ÓPTICA** 2017. Dissertação Mestrado Profissional em Ensino de Física – Universidade Federal de Sergipe.

Sendo a ciência de uma forma geral repleta de exemplos associados a quebra de paradigmas, e em especial no que diz respeito à independência do gênero para produção do conhecimento, propomos nesse trabalho realçar contribuições científicas femininas e desenvolver uma sequência didática com produtos baseados em observações de variáveis Cefeídas. Utilizaremos como pano de fundo o método de análise de curvas de luz contextualizado com os procedimentos utilizados originalmente por Henrietta Leavitt no século XX, mas com procedimentos modernizados.

Como produto de nossa investigação desenvolveremos materiais e sequências didáticas que explorem os conceitos sobre oscilações, ondas e óptica estudados no ensino médio, podendo ser também aplicado no último ano do Ensino Fundamental.

Os materiais podem ser usados de forma independente, a exemplo da caixa simuladora de campo estelar, que funciona recurso prático para simularmos as observações do céu em situações em que não teríamos como promover observações com os alunos. Da planilha eletrônica interativa que ilustrou especialmente os conceitos de período e frequência necessários para compreensão do diagrama Período-Luminosidade com a qual Leavitt revolucionou a Astrofísica.

Para auxiliar os professores produzimos diversos vídeos tutoriais que ajuda na reprodução de nossa atividade ou para o desenvolvimento de seus próprios materiais. Com esses recursos podemos explicar o conceito de fotometria e de grandezas que podem ser medidas por meio da luz incidente em um detector, além de explorar os conceitos de óptica, de instrumentos ópticos e a medida dos fluxos de luz em mapas de fluxos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Astronomia, Cefeídas.

ABSTRACT

SANTOS, E. F. VARIÁVEIS CEFÉIDAS E A CONTRIBUIÇÃO FEMININA NA CIÊNCIA: RECURSOS PARA O ENSINO DE OSCILAÇÕES, ONDAS E ÓPTICA 2017.

Dissertação Mestrado Profissional em Ensino de Física – Universidade Federal de Sergipe.

Being the science generally replete with examples associated with the breaking of paradigms, and in particular as regards the independence of the genre for the production of knowledge, we propose in this paper highlight scientific contributions and develop a didactic sequence with products based on observations of variables Cefeídas. We will use the method of analysis of light set against the procedures used by Henrietta Leavitt in the 20th century, but with modernized procedures.

As a product of our investigation we will develop materials and didactic sequences that explore the concepts about oscillations, waves and optics studied in high school, and can also be applied in the last year of elementary school.

The materials can be used independently, such as the simulator box of stellar field, which runs practical simulations feature sky observations in situations that we couldn't promote observations with students. The interactive spreadsheet that illustrated especially the concepts of time and frequency required for understanding of the period-Luminosity diagram with which Leavitt revolutionized the Astrophysics.

To help teachers produce several tutorial videos that help in the reproduction of our activities or for the development of its own materials. With these features can explain the concept of photometry and variables that can be measured through the incident light on a detector, in addition to exploring the concepts of optic, optical instruments and measurement of light streams in maps.

Keywords: Physical education, Astronomy, Cefeídas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Candidatos inscritos/ matriculados na UFS em 2013. COPAC (2013).	5
Figura 1.2: Matrículas no Brasil por gênero 2000-2012. Fonte: INEP/MEC, Censo Escolar. ...	5
Figura 1.3: Gráfico percentual de assuntos cobrados com mais frequência no período de 2009-2016.	10
Figura 2.1: Localização geográfica da escola. Cortesia: Google Maps .SEED, (2017).	12
Figura 2.2: Fachada do Colégio Estadual Presidente Juscelino Kubitschek.	12
Figura 2.3: Alunos realizando as atividades na sala de informática.	13
Figura 2.4: Caixa simuladora de campo estelar. À direita a simulação em imagem tomada no escuro.	16
Figura 2.5: Relação Período-Luminosidade para Cefeídas Clássicas segundo Feast & Catchpole (1997 MNRAS.286L...1F). No diagrama o eixo vertical à esquerda está em Luminosidades relativas à Luminosidade Solar e o eixo vertical à direita em magnitudes absolutas que se relaciona diretamente com a luminosidade do objeto. Em Astronomia isso permite obter diretamente a distância em parsecs por meio da expressão $D = 10^{m - M + 5}$, onde m é a magnitude aparente do objeto, grandeza astronômica relacionada ao fluxo físico ensinado na Seção 3.3	17
Figura 2.6: Telescópio Cassegrain Maksutov de 5" do DFI-UFS.	18
Figura 2.7: Curva de variabilidade da cefeída Beta Lyr observada por nós entre nas datas julianas apresentadas no gráfico. Pontos cinza e azuis são dados da AAVSO e os pontos com incertezas são nossas observações.	19
Figura 2.8: Aparato para as observações das cefeídas. Na imagem do meio estamos obstruindo gradativamente o campo estelar observado com o propósito de obter a variação do fluxo de todas as imagens em função do tempo.	20
Figura 2.9: Imagens Fotométrica produzidas no Excel. A imagem à esquerda mostra a estrela com uma intensidade luminosa maior e a imagem à direita mostra a estrela com intensidade menor.	21
Figura 2.10: Gráfico da curva de luz e a tabela com valores de intensidade luminosa das estrelas de duas estrelas do campo observado para as Plêiades. Note que na fotometria relativa nas condições mencionadas no texto as duas estrelas variam simultaneamente. No caso da observação de uma cefeída a variação seria intrínseca e apenas a variável cefeída teria a razão de fluxos com alterações periódicas.	21
Figura 2.11: Planilha Interativa para Testar a Equação da Onda.	22
Figura 2.12: Imagem de uma onda em uma corda (esquerda) e gráfico que podemos sobrepor à imagem da corda para se trabalhar com os parâmetros de ajuste da função de onda.	22
Figura 2.13: Vídeo tutorial no canal do youtube scaranojrastro sobre a atividade de montagem da caixa simuladora do céu Scarano Jr & Santos (2017a) SCARANO JR, .	23
Figura 2.14: Vídeo tutorial no canal do youtube scaranojrastro sobre a atividade de fotometria utilizando o ImageJ e como extrair no mapa de fluxos Scarano Jr & Santos (2017b) SCARANO JR, .	23

Figura 2.15: Vídeo tutorial no canal do youtube scaranojraastro sobre fotometria a partir de um mapa de fluxos e subtração do ruído de fundo do céu Scarano Jr & Santos (2017c) SCARANO JR,	24
Figura 2.16: Vídeo tutorial no canal do youtube scaranojraastro sobre como executar a fotometria e atribuir uma escala de cores de um campo estelar utilizando uma planilha eletrônica Scarano Jr & Santos (2017d)	24
Figura 3.1: Exemplo de fenômenos naturais que ocorrem periodicamente	25
Figura 3.2: Estrela Eclipsante	26
Figura 3.3: Info-animação utilizada em aula explicando a relação Período x Luminosidade para estrela variáveis cefeídas.	27
Figura 3.4: Foto Caixa Simuladora de Campo Estelar.....	28
Figura 3.5: Imagem (Esquerda) Stellarium com Telescópio de distância focal da ocular 40 mm. Imagem (Direita) Stellarium com Telescópio de distância focal da ocular 32 mm.	29
Figura 3.6: Características ópticas de um Telescópio	29
Figura 3.7: Imagem Simulador de Telescópio da Universidade de Nebraska-Lincoln	30
Figura 3.8: Elementos da Onda.....	30
Figura 3.9: Caixa Simuladora de Campo Estelar.....	31
Figura 3.10: Constelação de Cepheu	31
Figura 3.11: Montagem do telescópio durante observação (a esquerda). Detalhe da montagem Telescópio e Detector (à direita).	32
Figura 3.12: Imagens em sequência mostrando a variabilidade luminosa das estrelas. Não incluímos a imagem que não foi registrado fluxo.	33
Figura 3.13: Tabela com a contagem da intensidade luminosa das estrelas feita pelos alunos em função do tempo (esquerda). Gráfico do Período x Fluxos construído com os dados da tabela (a direita). Como apresentado na Figura 2.10 e explicado na seção 2.4.2 Optamos apenas por plotar as intensidades em função do tempo para enfatizar mais o caráter oscilatório da curva. Em uma cefeída isso geraria uma curva ondulatória para cefeída e constante para estrela tomada como referência. A curva em negro sobreposta aos dados dos alunos representa a variação global esperada que não foi perfeitamente registrada pelos alunos devido ao problema de um erro nas estrelas escolhidas para fazer a fotometria relativa em dois grupos (os que trabalharam com os dados 3 e 4)	33
Figura 3.14: Planilha interativa mostrando a sobreposição da Imagem da onda padrão e o gráfico que representa a Equação de Onda.....	34
Figura 3.15: Planilha interativa mostrando o relatório de atividade dos alunos com o percentual geral de acertos e erros.	35
Figura 3.16: Propagação da radiação partir de uma fonte S	36
Figura 3.17: Aplicativo gratuito de medida de intensidade de luminosa.....	36
Figura 3.18: Esquema de montagem do experimento.....	37
Figura 3.19: Esquema do experimento com valores de distância e intensidade luminoso coletados	38
Figura 3.20: Gráfico do Fluxo Luminoso x Distância	38
Figura 3.21: Gráfico do Fluxo Luminoso x $1/d^2$	39

Figura 4.1: Quantidade de acertos por questão	41
Figura 4.2: Gráfico N° de Acertos x Questão	41
Figura 4.3: Questão 04 (a esquerda) mais acertada nos pós-teste. Questão 03 (à direita) menos acertada no pré-teste.....	42
Figura 4.4: Imagens da parte externa (a esquerda) e interna (a direita) da Caixa Simuladora de Campo Estelar	43
Figura 6.1: Caixa Simuladora de Campo Estelar com luz ambiente acesa (a esquerda) e com luz ambiente acesa (a direita)	51
Figura 6.2: Esquema de ligação do circuito da estrela variável delta Cephei (a esquerda) e das demais estrelas da Constelação de Cepheu (a direita).....	52
Figura 6.3: Esquemas do circuito da estrela variável delta Cephei (a esquerda) e da estrela das demais estrelas da Constelação de Cepheu (a direita).....	52
Figura 6.4: Esquema de ligação do circuito da estrela variável delta Cephei (a esquerda) e das demais estrelas da Constelação de Cepheu (a direita).....	53
Figura 6.5: Variabilidade Luminosa Imagem 1	56
Figura 6.6: Variabilidade Luminosa Imagem 2	57
Figura 6.7: Variabilidade Luminosa Imagem 3	57
Figura 6.8: Variabilidade Luminosa Imagem 4	58
Figura 6.9: Variabilidade Luminosa Imagem 5	58
Figura 6.10: Variabilidade Luminosa Imagem 6	59
Figura 6.11: Variabilidade Luminosa Imagem 8	59
Figura 6.12: Variabilidade Luminosa Imagem 9	60
Figura 6.13: Variabilidade Luminosa Imagem 10	60
Figura 0.14: Planilha Interativa para Testar a Equação de Onda.....	61
Figura 6.15: Planilha interativa mostrando a sobreposição da Imagem da onda padrão e o gráfico que representa a Equação de Onda.....	62
Figura 6.13: Esquema do experimento com valores de distância e intensidade luminoso coletados	63
Figura 6.17: Gráfico Intensidade Luminosa x Distância	64
Figura 6.18: Gráfico Intensidade Luminosa x $1/d^2$	64

LISTA DE TABELAS

Tabela3.1: Tabela com dados colhidos no experimento	37
Tabela A.2: Orçamento de materiais utilizados na confecção de uma da Caixa Simuladora	54
Tabela A.3: Relação com orçamento de todos materiais necessários na confecção da Caixa Simuladora	55
Tabela 4: Tabela com dados colhidos no experimento	63

Sumário

Introdução.....	1
Capítulo 1.....	4
Fundamentação Teórica	4
Capítulo 2.....	12
Metodologia	12
2.1 Local do Desenvolvimento da Atividade.....	12
2.2 Sujeitos pesquisados: população e amostra.....	13
2.3 Desenvolvimento dos Produtos.....	14
2.4 Sequência Didática.....	14
2.4.1 Caixa Simuladora de Campo Estelar	15
2.4.2 Atividade de Fotometria.....	17
2.4.3 Planilha Interativa para Testar a Equação de Onda.....	21
2.4.4 Vídeos Tutoriais	23
Capítulo 3.....	25
Procedimentos para Aplicação do Produto	25
3.1 Primeira Aula	25
3.2 Segunda Aula	30
3.3 Terceira Aula.....	36
Capítulo 4.....	40
Análise de Dados e Discussão	40
Capítulo 5.....	44
Conclusão e Perspectivas Futuras	44
Referências Bibliográficas	47
Apêndices	49
Apêndice A – Pré e Pós-Teste.....	49
5.1 Apêndice B – Caixa Simuladora de Campo Estelar.....	51
5.2 Apêndice C – Imagens usadas na Fotometria	56
5.3 Apêndice D – Planilha Interativa	61
5.4 Apêndice E – Experimento sobre a Lei do Inverso da Distância.....	62

5.5 Apêndice F – Sequência Didática	65
5.5 1. – Plano de Aula	65
5.5 2 – Etapas da Sequência Didática	68

Introdução

Desde a antiguidade os homens manifestam seu interesse pelo firmamento e tentam desvendar o que há de desconhecido no movimento dos astros, seu brilho, e toda a sorte de outros fenômenos. Essa curiosidade e a observação do céu levaram civilizações como a Egípcia, Babilônica, Mesopotâmica, Chinesa, a confiar nos movimentos dos corpos celestes. O Sol, a Lua, as estrelas ajudavam na orientação durante as navegações, a identificar a chegada das estações que afetava a produção agrícola. Com a regularidade das observações viram surgir aglomerados de estrelas, e a periodicidade dos movimentos da Lua que relacionaram com as semanas e os meses.

Os Mesopotâmios diferenciaram os planetas das estrelas, criaram um método para calcular os movimentos da Lua e dos planetas. O povo Egípcio usava os ciclos da Terra para determinar as estações do ano de uma forma distinta a que culturalmente aprendemos e assim, ter sucesso na agricultura. Já os Babilônios, assim como assírios e egípcios tinham conhecimento da duração do tempo em semanas, dias e meses.

Os registros sistemáticos de eventos astronômicos são verificados entre os sumérios, que habitavam a Mesopotâmia, embora indícios de observações astronômicas sejam constatados mesmo na idade da pedra. Por outro lado, muitos dos elementos que constituem base da astronomia divulgada atualmente surgiram na Grécia, e sempre são destacados nomes como Tales de Mileto, que foi o primeiro a explicar o eclipse solar e achava que a Terra era um disco plano imerso em uma grande vastidão de água. Pitágoras, que considerava a Terra, a Lua e outros corpos celeste como esféricos. Para Heráclides a Terra girava diariamente sobre seu próprio eixo. Já Aristarco, foi o primeiro a sugerir que a Terra se movia em volta do Sol.

O primeiro registro de uma mulher que sabia prever eventos no céu foi Agloanike de Tessália, considerada um tipo de bruxa, que previu as ocorrências de eclipses lunares e inventou um instrumento astronômico para medir ângulos no céu. A astrônoma, que revisou as obras de Ptolomeu, foi Hipatia de Alexandria. Ela, também, cartografou corpos celestes e confeccionou planisférios. Foi assassinada por fanáticos religiosos. (BARTELMÉBS; MORAES, (2013))

Após Hipatia, somente houve registro de mulheres ligadas à Astronomia no período medieval. E o nome feminino de destaque foi Hildegarda de Bingen, estudiosa que desafiou seu tempo com publicações nas áreas da Aritmética, Geometria, Música e Astronomia. Nessa época as astrônomas ainda eram consideradas como bruxas pela igreja.

As mulheres começaram a aparecer com regularidade na Astronomia, a partir do século XVII. Contudo, elas estavam sempre subjugadas a uma figura masculina.

Em tempos mais modernos impressiona entre tantas personagens renomadas, se destacarem apenas nomes masculinos. Isso, não quer dizer que não tenha existido a contribuição feminina

para essa Ciência. Um trabalho muito importante foi realizado por mulheres no Observatório de Harvard, com “as computadoradoras de Harvad”. Essas mulheres que se dedicavam entre outras coisas a catalogar o espectro das estrelas. Entre elas estava Annie Jump Cannon, que estabeleceu o sistema de classificação das estrelas atualmente utilizado, e Henrietta Swan Leavitt, cujo estudo sobre variáveis Cefeídas levou a criar um consagrado método para estimar distâncias galácticas e extragalácticas. Posteriormente, se juntou a equipe, Cecília Payne, que determinou a temperatura e constituição das estrelas.

No Brasil o ingresso de mulheres no ensino superior somente foi permitido no século XIX na área de Medicina. As primeiras matrículas de mulheres ocorreram em 1881. Na área de exatas, especificamente em engenharia, a presença de mulheres só foi registrada pelo menos 20 anos depois. Somente no início do século XX as primeiras mulheres a se formaram nessa área. Na área de Física, isso só veio a ocorrer em 1940.

Sabe-se que é imensa a contribuição das mulheres para o desenvolvimento das Ciências, mas, infelizmente seu papel é relegado da história sendo mantido em segundo plano, a exemplo de Hipatia, Henrietta Leavitt, Marie Curie, entre outras. Notamos assim que em muitos aspectos existem condições que podem favorecer a visão distorcida da associação da mulher com algumas profissões.

Baseados nas ideias de Beck e Rogers percebemos como a quebra de pensamentos automáticos de modo empático pode favorecer o rompimento de preconceitos e construção de novos conceitos associados paralelamente ao ensino de Física. Por esse motivo, propomos nesse trabalho empregar a descoberta de Henrietta Leavitt sobre as Cefeídas como paradigma da contribuição feminina nas Ciências, levando em consideração a relevância dessa participação que servirá de referência para os estudantes como uma forma de despertar o gosto pela área das Ciências Exatas.

Com esse objetivo propomos a elaboração de uma sequência didática e materiais instrucionais que combinam a exploração de tópicos de Astronomia, enfatizando o trabalho de Henrietta Leavitt, e as abordagens de Rogers e Beck na aplicação dos recursos educacionais. A partir da correlação dos conceitos necessários para compreender o estudo de variabilidade estelar com os assuntos correntemente explorados em Física, como oscilações, ondas e óptica, pretendemos promover, dentro das metas dos PCN's, a aprendizagem com materiais potencialmente significativos com duplo benefício: um elemento motivador para o rompimento de estigma relacionados a gênero e aprendizagem de conceitos fundamentais em Física.

No capítulo 1 apresentaremos como a fundamentação teórica se concatena na concepção da atividade proposta; no capítulo 2 discutiremos a metodologia, onde apresentamos o espaço de aplicação, os produtos propostos e a estratégia de abordagem dos temas considerados mais significativos em termos da grade curricular de Física. No capítulo 3 nos concentramos na aplicação dos produtos e nos procedimentos efetivamente executados em sala de aula. Seguindo para o capítulo 4 fizemos uma análise crítica e discutimos os resultados da aplicação, enfocando

o contraste entre planejamento e aplicação. Neste capítulo verificamos de forma qualitativa os resultados da aplicação de um pré e pós-teste preparado com questões do ENEM. Por fim, no capítulo 5 compilamos as principais conclusões referentes a cada etapa do desenvolvimento do trabalho, enfatizando os contrastes entre expectativas e resultados práticos, aperfeiçoamentos e falhas detectadas. Na mesma seção apresentaremos alguns potenciais do trabalho e expectativas futuras com o mesmo.

Fundamentação Teórica

Diversos são os fatores atribuídos ao baixo registro das mulheres nas áreas de ciências exatas. Duas linhas principais podem ser discutidas: uma envolvendo aspectos de "opressão" e outra enfatizando a submissão do "oprimido".

No primeiro aspecto podemos mencionar o papel da ideologia implantada, historicamente, em que, por exemplo, aos meninos são oferecidos brinquedos que estimulam o contato matemático, enquanto para as meninas são oferecidos brinquedos que a preparam para cuidar da família e que relacionam a distinção entre profissões típicas de homem ou de mulher. BARBOSA; LIMA, (2013)).

Quanto ao segundo aspecto, não podemos ignorar a importante contribuição de Étienne de La Boétie ao discutir a servidão voluntária, em que se enfatiza como a postura do oprimido favorece aspectos da própria opressão BOÉTIE, LA, (1982)

Independentemente da origem do problema (endógena ou exógena), o resultado constatado é o mesmo: historicamente pesquisas indicam que o percentual de mulheres matriculadas nos cursos de Física, Química e Matemática, é inferior aos de homens AGRELLO; GARG, (2009).

Assim, seja por imposições sociais ou por condições pessoais, o modo como essas distorções são assimiladas interferem na identificação de mulheres com algumas profissões que podem ser igualmente exercidas com sucesso independentemente do gênero. Embora contrapontos possam ser verificados em profissões dominadas por mulheres, como Psicologia, Pedagogia ou até mesmo Veterinária, a pretensa correlação entre gênero e sucesso profissional, pode desviar potenciais talentos de habilidades e competências socialmente vantajosas e pessoalmente satisfatórias.

Algumas linhas de abordagem educacional enfatizam como aspectos cognitivos e motivacionais podem interferir na aprendizagem dos alunos. Aaron Beck enfatiza como pensamentos automáticos negativos podem moldar crenças pessoais nucleares e levar uma pessoa a acreditar que o que ela acredita de si própria é verdadeiro. Assim, o acreditar que mulheres são mais ou menos capazes de alguma conquista (independentemente desta construção ser social ou pessoal) engendrando em consequências reais na confirmação de tais crenças, não por serem verdadeiras, mas por se acreditar que as mesmas o sejam.

O modo de interferir numa realidade subjetiva com consequências concretas como esta é proposta por Rogers, ao entendermos a relação de ensino-aprendizagem também como uma relação de ajuda. Em sua abordagem da aprendizagem significativa, a mesma ocorre quando o aluno percebe o conteúdo como importante para os seus próprios objetivos. Isso envolve uma

relação de empatia, congruência e aceitação na construção de um meio em que a aprendizagem seja centrada nos alunos.

Mesmo depois de tantos exemplos da participação das mulheres nas ciências ainda hoje é pequena a inserção feminina nas Ciências Exatas. Dados mostram que o percentual de candidatas do sexo feminino na Universidade Federal de Sergipe (inscritos/ matriculados) na área de exatas (Física, Química e Matemática) e Engenharia Elétrica é menor do que nas demais áreas (*Figura 1.1*).

Segundo, SANTOS, E. F., (2015), as escolas permanecem repetindo material didático com trechos preconceituosos ou, no mínimo, sem mencionar a existência de mulheres como cientistas, físicas ou matemáticas.

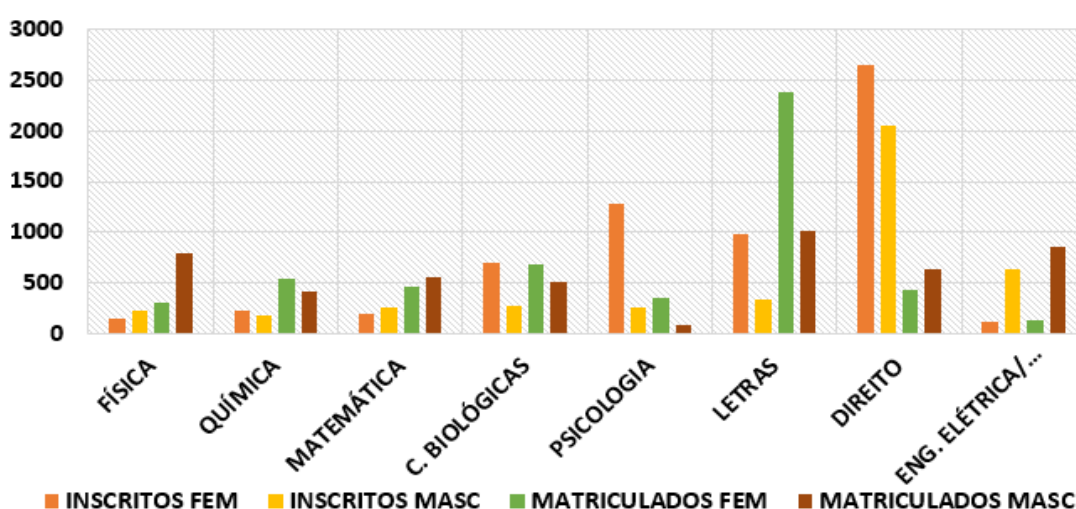


Figura 1.1: Candidatos inscritos/ matriculados na UFS em 2013. COPAC (2013).

Essa inserção contrasta com o número de estudantes do sexo feminino matriculados no ensino médio, como pode ser visto nos dados do Relatório Educação para Todos no Brasil (*Figura 1.2*).

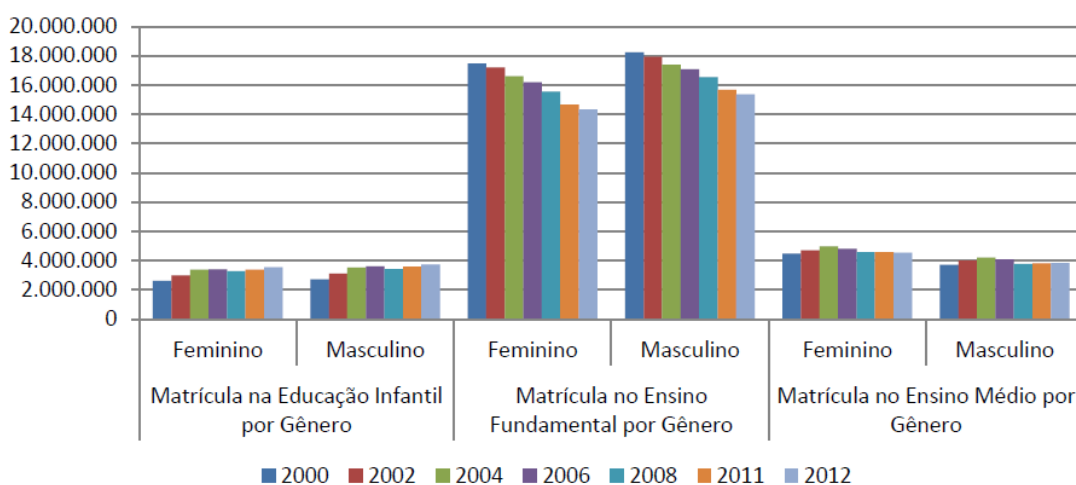


Figura 1.2: Matrículas no Brasil por gênero 2000-2012. Fonte: INEP/MEC, Censo Escolar.

O gráfico na *Figura 1.2* mostra que não há grande discrepância no número de matrículas de estudantes do sexo feminino e masculino no ensino médio, algo que não se repete em nossa avaliação de diferença de gêneros por curso no ensino superior (*Figura 1.1*).

Diante desta realidade sentimos-nos motivados a elaborar um produto que possa mostrar para os alunos, independentemente do gênero, a contribuição feminina nas Ciências Exatas, assim como estimular a participação das alunas na área de exatas.

Os parâmetros Curriculares Nacionais propõem na matriz curricular o ensino da Astronomia nos ensinos fundamental e médio. Tratam de habilidades e competências que são desenvolvidas através de temas estruturadores do ensino da Física, que tentam manter a divisão empregada habitualmente, como Mecânica, Termologia, Ótica e Eletromagnetismo. Os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio PCN+/MEC, (1999) organizaram o ensino de Física em seis temas:

1. Movimentos: variações e conservações.
2. Calor, ambiente e usos de energia.
3. Som, imagem e informação.
4. Equipamentos elétricos e telecomunicações.
5. Matéria e radiação.
6. Universo, Terra e vida.

Nesse contexto a Astronomia se destaca pelas possibilidades interdisciplinares, pois, por exemplo: 1) Ao se falar de movimento não há como não remeter à mecânica celeste que inspirou Newton em seus “*Principias*”; 2) O exemplo de calor e energia mais concreto nessa fase de formação dos alunos está no próprio Sol ou no mecanismo que a energia nuclear do Sol promove como consequência, a exemplo da energia eólica ou hidroelétrica, possível pelo ciclo da água; 3) Na Astronomia, som pode ser contextualizado em seu exemplo mais comum, quando se remete a ideia de que ele não se propaga na componente dominante do espaço: o vácuo. Alunos são bombardeados diariamente com imagens de Astronomia, inclusive em comprimentos de onda que o olho desarmado não seria capaz de detectar; 4) Equipamentos elétricos e eletrônicos registram informações do céu através de instrumentação astronômica, promovendo o desenvolvimento tecnológico casado entre as ciências aplicadas e ciências puras, que contribuíram para revolução das telecomunicações; 5) Matéria e radiação são base para medida das estruturas e da evolução do Universo; por fim o tópico 6) culmina na formação do planeta Terra, e a formação da vida que é capaz de indagar-se sobre a própria existência de vida e a possibilidade dessa em outros lugares do Universo. Como podemos ver, o ensino da Astronomia está inserido nos seis temas proporcionando o diálogo interdisciplinar com outras Ciências como a Geografia, a Física e a Matemática.

Sobre as concepções de interdisciplinaridade, FAZENDA, (2002), cita um grupo de especialistas que em 1970 tentaram estabelecer o seguinte significado:

“Interdisciplina - Interação existente entre duas ou mais disciplinas. Essa interação pode ir da simples comunicação de ideias à integração mútua dos conceitos diretores da epistemologia, da terminologia, da metodologia, dos procedimentos, dos dados e da organização referentes ao ensino e à pesquisa. Um grupo interdisciplinar compõe-se de pessoas que receberam sua formação em diferentes domínios do conhecimento (disciplinas) com seus métodos, conceitos, dados e termos próprios”. FAZENDA, (2002)

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) a compreensão dos fenômenos naturais articulados entre si e com a tecnologia confere a área de Ciências Naturais uma perspectiva interdisciplinar, pois abrange conhecimentos biológicos, físicos, químicos, sociais, culturais e tecnológicos. Com ela os alunos podem esclarecer a origem e o destino do Universo, aprender as formas de localização física e histórica, entre outras habilidades e competências. Os conceitos de habilidade e competência usados nos Parâmetros Curriculares são discutidos por diversos autores. Para Thereza Bordini (2008), as habilidades são inseparáveis da ação, mas exigem domínio de conhecimentos. As competências pressupõem operações mentais, capacidades para usar as habilidades, emprego de atitudes, adequadas à realização de tarefas e conhecimentos.

Para Nilson Machado, apud Bordini, existem três ingredientes sobre a ideia de competências:

“A ideia de competências tem três ingredientes básicos. Primeiro: relaciona-se diretamente à ideia de pessoa. Você não pode dizer que um computador é competente; competente é o seu usuário, uma pessoa. Segundo: a competência vincula-se à ideia de mobilização, ou seja, a capacidade de se mobilizar o que se sabe para realizar o que se busca. É um saber em ação. Aliás, da má compreensão deste aspecto vem outra crítica, a de competência como mero saber fazer algo. Agir é mais do que fazer”. BORDONI, (2008)

Já os PCN's recomendam o ensino do eixo temático Terra e Universo a partir da 5ª série do ensino fundamental. No terceiro ciclo (5ª a 6ª séries) os alunos inauguram os primeiros conceitos da Astronomia, alargando seus conhecimentos sobre sua orientação no espaço-tempo, a conscientização do ritmo de vida, tendo noção da concepção do Universo, com ênfase no Sistema Terra-Sol-Lua.

Ao final do terceiro ciclo os alunos estarão aptos a “Descrever os movimentos do Sol, da Lua e das estrelas em relação ao horizonte, localizando os pontos cardeais durante o dia e à noite, mediante expressão oral, produção de texto ou desenhos com legenda” (PCN/MEC, (1998))

No quarto ciclo (7ª e 8ª séries) com os conceitos astronômicos os estudantes poderão entender o aspecto histórico de corte entre modelo geocêntrico do Universo e o modelo heliocêntrico do Sistema Solar.

Nesse sentido destacamos como o Referencial Teórico Curricular do Estado de Sergipe que distribui os conceitos da Astronomia nas séries finais do ensino fundamental e no Ensino Médio. SEED/SE, (2011)

A competência refere-se à capacidade de executar uma tarefa. O indivíduo deverá deter os meios essenciais para serem usados na realização do trabalho.

Segundo PERRENOUD (2015), competência é a faculdade de mobilização de um conjunto de recursos cognitivos como saberes, habilidades e informações para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações. Ele ainda afirma que, a habilidade (saber fazer) seria uma espécie de unidade da competência que afiliado ao conhecimento constrói a competência.

Assim sendo, o discente, poderá “Comparar as teorias geocêntrica e heliocêntrica em relação aos movimentos dos corpos celestes, reconhecendo as diferentes concepções de Universo e sua importância histórica” PCN+/MEC, (1999)

Dos conhecimentos apreendidos pelos estudantes sobre os conceitos da Astronomia abordados no tema Universo, Terra e Vida no ensino médio, preconizam:

“Será indispensável uma compreensão de natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive com que sonha e que pretende transformar. ” (PCN+/MEC, (1999))

Para aferir conhecimentos nessa área, o Enem, em seus editais recorrentemente requer o domínio dos seguintes conhecimentos ligados a Astronomia, como no exemplo extraído do edital de 2015:

“A mecânica e o funcionamento do universo – Força peso. Aceleração gravitacional. Lei da Gravitação Universal. Leis de Kepler. Movimentos de corpos celestes. Influência na Terra: marés e variações climáticas. Concepções históricas sobre a origem do universo e sua evolução. ” (ENEM, (2015))

Ante o exposto sobre o que versa os PCN’s, os PCN+ PCN+/MEC, (1999) , Parâmetros Curriculares do Ensino Médio PCN+/MEC, (1999) , o Referencial Teórico Curricular do Estado

de Sergipe SEED/SE, (2011) e os editais do ENEM, observamos que todos eles tentam abordar os conceitos astronômicos de forma equivalente.

Despertar a curiosidade dos alunos para que observem e pesquisem as aplicações da Física e da Astronomia dentro de sua realidade pode ser estimulada através de aulas práticas. Mas, essa prática não se refere apenas aos experimentos feitos em laboratório com todos os recursos e instrumentos adequados, se refere a demonstrações experimentais e observações feitas dentro ou fora do ambiente escolar.

Entre os estudos realizados sobre a aplicação da prática experimental em sala de aula encontra-se o trabalho de ZABALA, (2015) que em uma de suas obras cita uma das formas de classificar os conteúdos de aprendizagem e adotada pelos currículos oficiais, dividindo-a em três grupos: Os conteúdos conceituais (é preciso saber), os procedimentais (é preciso saber fazer) e os atitudinais (admitem ser).

A crença de que determinadas profissões são específica de homens ou de mulheres são fixadas através das opções pessoais ou por cobranças da sociedade, onde algumas áreas são tão estigmatizadas que, alguns indivíduos acabam se alinhando a esse pensamento de forma automática.

Embora, haja historicamente, profissões relacionadas às mulheres, como por exemplo, Pedagogia, Psicologia e a Veterinária. Assim como, também existem as carreiras que estão relacionadas ao sexo masculino, como, as Engenharías.

De acordo com BECK, (1997), a visão negativa de si mesmo, de suas experiências, do mundo e do futuro levam as pessoas a pensamentos automáticos disfuncionais, em que certas crenças são tidas como verdades absolutas. Dessa maneira, pode ocorrer o desvio de talentos de suas carreiras profissionais, visto que existe a crença que determinadas profissões tem uma falsa relação com o gênero ou com a capacidade intelectual.

Esses pensamentos se relacionam e nos levam a uma das razões pelas quais o número de mulheres nas áreas de Ciências Exatas é inferior ao de homens. Para BOÉTIE, LA, (1982), acaba por ser natural tudo o que o homem obtém pela educação e pelo costume, e que a postura do oprimido favorece aspectos da própria opressão.

Aaron Beck apud GONÇALVES, (2014) esclarece que motivar seria um impulso voluntário automático, que se opera de forma sincronizada com os sistemas cognitivos, emocional e comportamental.

O indivíduo, geralmente aprende aquilo que é significativo para ele. De acordo com Rogers:

“A aprendizagem significativa é aferida mais facilmente em questões que o indivíduo entenda como problemáticas a ele. Assim, desse modo, percebe-se que a aprendizagem gira em torno do interesse do aluno, diferenciando-se do

modelo corrente, no qual o estudante enfrenta “uma experiência cuja ligação com os seus próprios problemas ele muitas vezes não vê” ROGERS, (2001)

Segundo ROGERS, (2001), o professor é um facilitador da aprendizagem significativa, fazendo parte do grupo e não sendo colocado acima dele. E que para que haja a aprendizagem são necessárias três condições:

- Aceitação Incondicional - aprendizagem significativa é verificada mais facilmente em questões que o indivíduo entenda como problemáticas a ele. Recebendo e aceitando a pessoa como ela é e expressar um afeto positivo por ela.
- Autenticidade ou congruência do facilitador - o facilitador mostrar-se congruente com aquilo que ele está fazendo.
- Compreensão empática - capacidade do professor de perceber o aluno em seu contexto, sentindo as dificuldades do aluno como se fossem suas e aceitá-las como são.

Alicerçados nas concepções dos autores citados, constatamos que o rompimento de crenças historicamente preconceituosas e a construção de novos paradigmas relacionados ao ensino de Física, podem ser alterados com o auxílio dos conceitos de Beck e Rogers, buscando quebrar os pensamentos disfuncionais negativos usando uma abordagem significativa centrada no aluno.

Empregaremos a descoberta de Henrietta Leavitt como elemento motivador para quebra dos pensamentos automáticos com relação à disparidade de gênero nas Ciências. Apresentaremos de forma empática e contextualizada os conceitos da Física contidos no seu trabalho sem deixar de seguir os preceitos ditados nos Parâmetros Curriculares.

Por meio de um levantamento sobre os conteúdos que mais foram cobrados no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) no período de 2009 a 2016 observamos que percentualmente a Mecânica, a Eletricidade e a Ondulatória são os três assuntos mais cobrados neste exame.

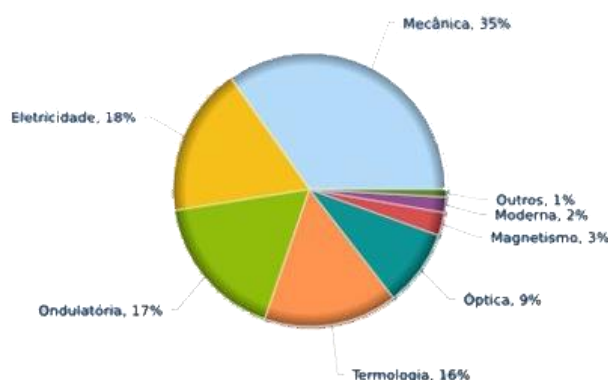


Figura 1.3: Gráfico percentual de assuntos cobrados com mais frequência no período de 2009-2016 SUPERPROFESSOR®, (2017).

Isto nos dá referência sobre os tópicos que podem ser potencialmente explorados da grade curricular de Física dentro do contexto de nosso trabalho com a Astronomia. Pode-se notar que conceitos como, Ondulatória e Óptica somam 26% dos temas no ENEM. Trabalhando com o tema sobre variáveis Cefeídas, podemos explorar os conceitos de período, frequência, equação de onda e diversos tópicos de óptica e sua instrumentação que são básicos na grade curricular de Física. Em uma verificação visual nos dados do INEP, (2017) filtrando-se as questões por meio do software SPSS, é possível identificar a porcentagem elevada de erros nas questões envolvendo estes tópicos em Sergipe (superior a 70%). No que diz respeito à compreensão empática e a aceitação da realidade de nosso estado, isto dá suporte à necessidade de desenvolvermos atividade e ações que abordem os temas mencionados. Em paralelo, o fato de uma cientista ter contribuído para resultados tão significativos na ciência moderna nos dá oportunidade justamente de realçar o aspecto da participação das mulheres nas ciências. Desta maneira pode-se abrir o diálogo sobre o tema com os alunos, sem comprometer a grade curricular, que nos moldes tradicionais poderia sufocar uma atividade que se dedicasse exclusivamente a discutir o assunto da mulher na ciência. Aproveitando a minha própria experiência como professora formada em carreiras tipicamente dominadas por homens pretendemos compartilhar também nossas experiências de maneira autêntica, apresentando situações em que trabalhamos com eletroeletrônica, ferramentas tipificadas de uso masculinos para desenvolver os produtos que utilizaremos na próxima seção. Nesta troca empática, e com as atividades práticas centradas nos alunos, independentes do gênero, pretendemos promover um ambiente onde se pode romper crenças irracionais envolvendo a questão de gênero.

Metodologia

2.1 Local do Desenvolvimento da Atividade

O presente trabalho foi realizado no Colégio Estadual Presidente Juscelino Kubitschek, que foi inaugurado no dia 01 de agosto de 1987, situado na Av. L S/N, no Conjunto João Alves Filho em Nossa Senhora do Socorro - SE, tendo como Ato de criação o Decreto 9268/88.

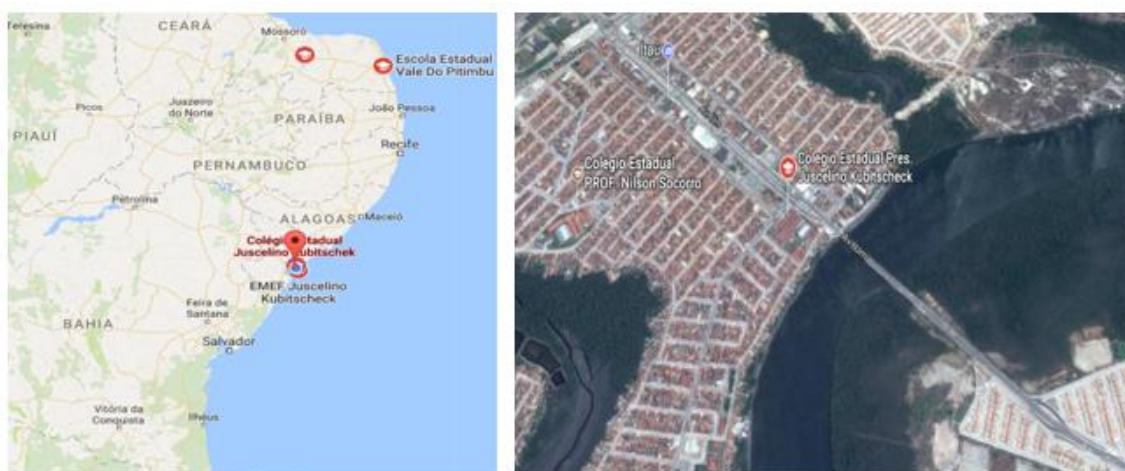


Figura 2.1: Localização geográfica da escola. Cortesia: Google Maps .SEED, (2017)



Figura 2.2: Fachada do Colégio Estadual Presidente Juscelino Kubitschek.

Esse Estabelecimento de Ensino é composto por 14 salas de aula, secretaria, diretoria, sala de professores, biblioteca, refeitório, cozinha, almoxarifado, depósito, sala de vídeo,

sala de coordenação pedagógica, laboratório de informática, laboratório de ciências, quadra poliesportiva.

Hoje funciona em três turnos e oferece Ensino Fundamental e Médio, com uma capacidade de matrícula em 2017 de 1557 alunos em sala de aula, sendo 544 alunos matriculados no ensino fundamental final e 1013 matriculados no ensino médio convencional. A escola também é Polo do Pré-universitário do Estado oferecendo duas turmas, totalizando 160 vagas.

2.2 Sujeitos pesquisados: população e amostra

Nosso produto pode ser aplicado em qualquer etapa da Educação Básica, já que contempla conceitos cobrados nas diversas séries do ensino fundamental e médio. No entanto, para a concretização desta pesquisa optou-se pelos estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, do Colégio Estadual Presidente Juscelino Kubitschek, pelo fato de serem alunos das turmas onde lecionamos, além de ser o momento de escolha de qual carreira seguir, e em que curso ingressarão na Universidade.

A escola possui 124 alunos matriculados em cinco turmas de terceiro no turno da tarde, lecionamos em três dessas turmas que são 70 alunos. Aplicamos os produtos com os 40 alunos que efetivamente frequentam essas três turmas.



Figura 2.3: Alunos realizando as atividades na sala de informática.

Com isso, tivemos oportunidade de criar com os jovens um ambiente de empatia e identificação pela área das Ciências Exatas além de reverem assuntos de séries anteriores, cobrados com frequência no Enem. No caso daqueles alunos, que por motivo de falta de professor, currículo extenso e dificuldade de ajustes no calendário, foi criada a

oportunidade para que esses conteúdos, de alguma forma prejudicada na grade curricular, pudessem ser explorados pela primeira vez.

2.3 *Desenvolvimento dos Produtos*

Para abordar os assuntos alvo de nosso trabalho propusemos o desenvolvimento de uma série de produtos que combinados em nossa sequência didática podem ser aplicados em três aulas. Boa parte dos recursos requer o uso de um ambiente escuro, para que possamos promover a imersão dos alunos na situação problema estimulada pela observação simulada do céu. Encontramos na sala de informática o ambiente ideal para aplicação dos produtos propostos pela facilidade de controlarmos a iluminação.

2.4 *Sequência Didática*

Disponibilizamos a sequência didática no Apêndice F – Sequência Didática. Inicialmente planejavamos aulas em que o elemento motivador seria uma observação real do céu com telescópios, mas admitimos que isso pudesse ser uma condição que restringiria demais a aplicação das atividades por outros interessados, pois requeria que a escola ou possuísse seu próprio telescópio, ou ingressasse em uma parceria com universidades ou clubes amadores de astronomia para que as observações fossem realizadas. Por esta razão nos dedicamos a elaborar uma caixa para simuladora de campo estelar (*Figura 2.4*). Na versão que apresentamos neste trabalho esta caixa representa um campo de 588 graus quadrados representando a constelação de Cepheus, onde foi descoberta a primeira estrela que caracteriza a categoria de variáveis cefeídas (*Figura 2.*). Com ela estimulamos nos alunos algumas atitudes investigativas, tentando enfatizar o aspecto da variabilidade cíclica do brilho de uma das estrelas quando comparada com as demais estrelas.

Realizamos observações reais de estrelas cefeídas (*Figura 2.8*) e criamos um material digital que poderia ser explorado em conjunto com os alunos, mas isto requeria mais aulas. Assim, nos mantendo fieis à ideia de minimizar a necessidade de computadores e alguns dos pré-requisitos para sua utilização, elaboramos um material para os professores ensinando os passos para preparar atividades sobre fotometria, em particular aplicada às estrelas, e o material final, voltado aos alunos, e dedicado a analisar a fotometria relativa de um campo de estrelas.

A partir deste material construímos com os alunos o conceito de brilho e fluxo das estrelas. Associamos a ideia de contabilização da quantidade de luz que vem de um objeto com os números de um mapa de fluxo extraída dos campos estelares observados (*Figura 2.9*). Construímos o conceito de escala de brilho e de sequência temporal de fluxos. Com isso estabelecemos a ideia de curva de luz, explorando os pré-requisitos necessários para os alunos para construção de gráficos.

Uma vez verificada a variabilidade cíclica de uma fonte pela execução da atividade anterior introduzimos um outro subproduto, que agora necessita de computador: uma planilha eletrônica para simular o ajuste de uma equação de onda (*Figura 2.11*). Em um primeiro momento ela é utilizada para ajustar uma onda material como na imagem uma corda oscilante. O objetivo disso é o de extrapolar os conceitos explorados no ajuste para serem aplicados na medida de variabilidade de uma curva de luz. Com esta planilha abordamos os parâmetros físicos envolvidos na equação de uma onda, como frequência, comprimento de onda, amplitude, fase e a inter-relações destas grandezas com a velocidade de propagação de uma onda. Este é o passo que correlaciona as observações do período de variabilidade de uma cefeída, com a luminosidade registrada por Henrietta Leavitt, que permitirá explicar o método desta cientista para determinação de distâncias.

Por fim propusemos um experimento de caráter investigativo para obtermos a relação de queda de fluxo luminoso com o quadrado da distância. Para tanto fizemos uso um aplicativo para smartphones que utiliza o sensor de luz deste dispositivo e fornece uma medida em lux do fluxo luminoso detectado. Assim, em uma segunda sequência didática pudemos demonstrar aos alunos a relação de queda de fluxo com o quadrado da distância, e como esta ideia está acoplada ao trabalho de Henrietta Leavitt que permitiu medir a distância de objetos extragalácticos.

2.4.1 Caixa Simuladora de Campo Estelar

Valorizamos atividades práticas envolvendo uma associação entre o que é observado astronomicamente com experimentos físicos. Assim, inserimos como um dos produtos desse trabalho a caixa simuladora de campo estelar. Nela, os alunos puderam visualizar a Constelação de Cepheu (*Figura 2.4*).

A caixa simuladora de campo estelar consiste em um circuito eletrônico que simula as estrelas que compõe a constelação de Cepheu, incluindo a cefeída Delta (δ) Cephei, gigante amarela que fica ao lado ombro esquerdo de Cepheu (*Figura 2.4*).

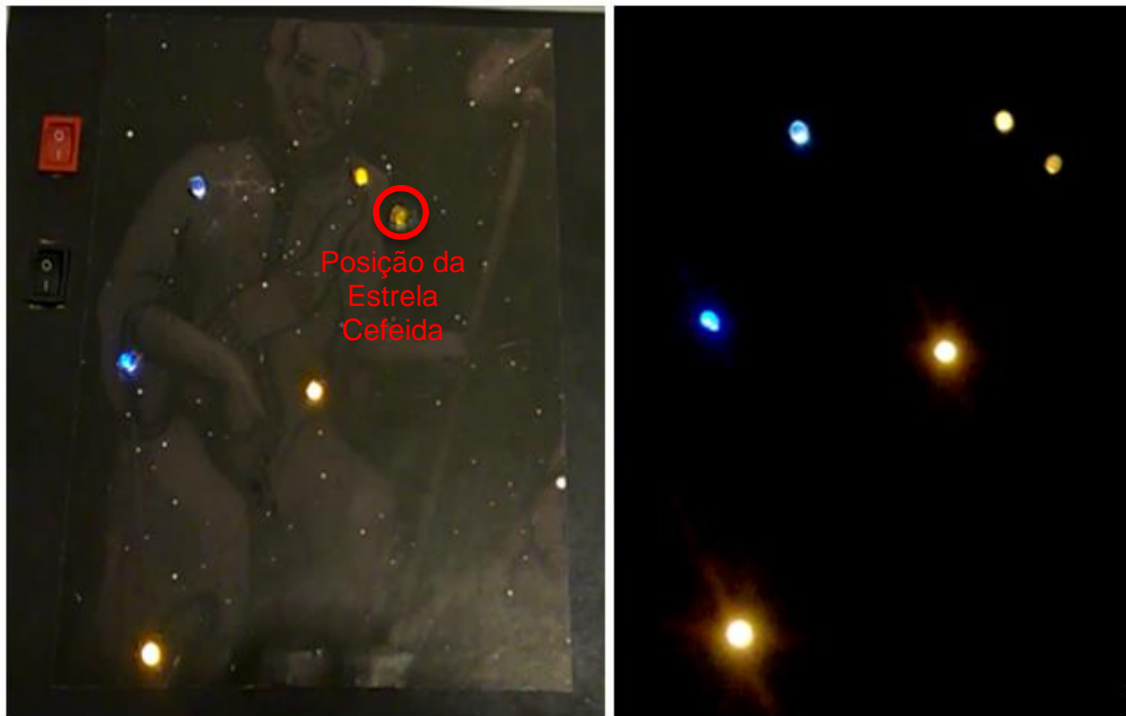


Figura 2.4: Caixa simuladora de campo estelar. À direita a simulação em imagem tomada no escuro.

Em 1784, John Goodricke, descobriu a primeira estrela cefeída. Ele observou por várias noites uma estrela na constelação de Cepheus (Figura 2.), que se tornava brilhante e depois diminuía seu brilho. Essas flutuações no brilho repetiam-se novamente a cada cinco dias.

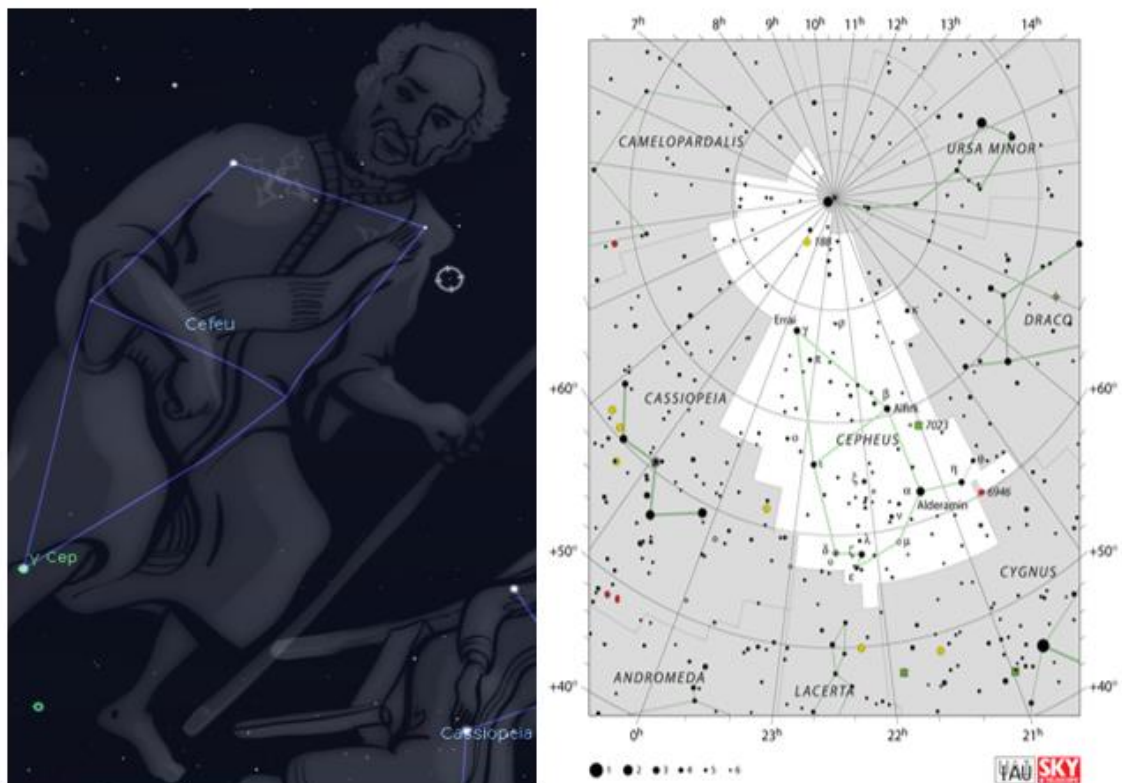


Figura 2.6: Finding-chart (esquerda) e fronteira entre as constelações no céu (direita).

Em 1908, no Harvard College Observatory (E.U.A.), Henrietta Leavitt analisou algumas fotografias de duas pequenas galáxias que estão próximas da Via-Láctea, chamadas de nuvens de Magalhães.

Leavitt percebeu que todas as estrelas estavam aproximadamente às mesmas distâncias, então comparou o brilho aparente de cada estrela, isso a levou a elaboração de uma lei entre luminosidade e o período que foi de suma importância para que Hubble¹ posteriormente efetuasse seus estudos sobre a expansão do Universo.

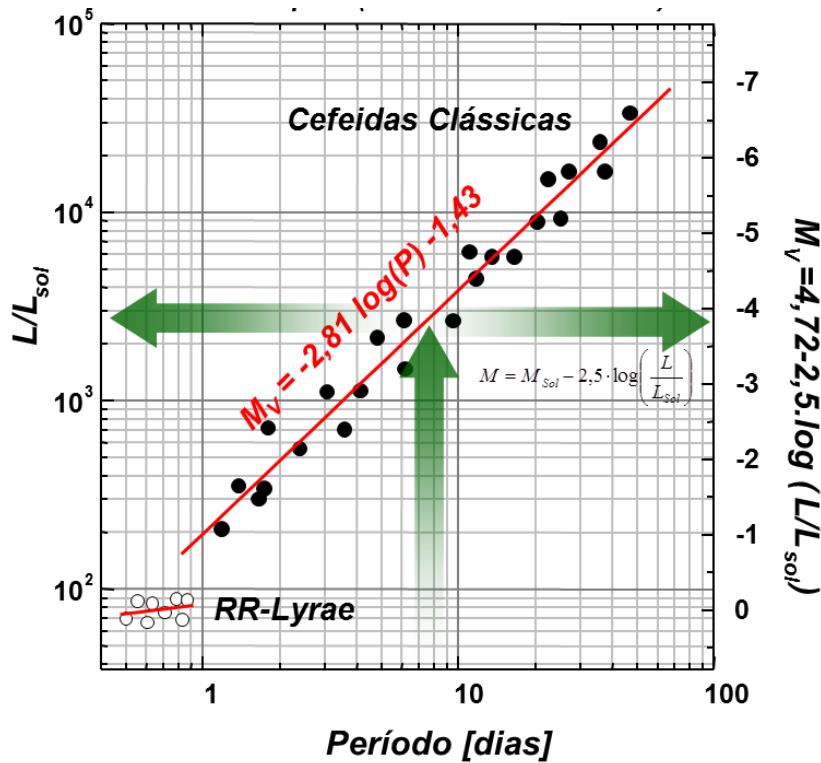


Figura 2.5: Relação Período-Luminosidade para Cefeidas Clássicas segundo Feast & Catchpole (1997 MNRAS.286L...1F). No diagrama o eixo vertical à esquerda está em Luminosidades relativas à Luminosidade Solar e o eixo vertical à direita em magnitudes absolutas que se relaciona diretamente com a luminosidade do objeto. Em Astronomia isso permite obter diretamente a distância em parsecs por meio da expressão $D = 10^{\frac{m-M+5}{5}}$, onde m é a magnitude aparente do objeto, grandeza astronômica relacionada ao fluxo físico ensinado na Seção 3.3

2.4.2 Atividade de Fotometria

Prevemos, em nosso projeto motivar os alunos com observações utilizando os telescópios do núcleo de Astronomia do Departamento de Física da UFS, mas para tanto programamos a

¹ Edwin Hubble observou galáxias distantes e percebeu que, quanto mais longe elas estavam, mais redshift (desvio para o vermelho) sua luz apresentava.

observação de variáveis rápidas e brilhantes apenas com o propósito de ilustrar como as observações são feitas, e como, o que é observado é transformado em dados astronômicos, como os que propomos nessa atividade.

Observar o céu nem sempre é fácil, sendo vários os fatores que podem interferir nas observações, tais como, céu nublado, vento, local livre de contaminação de luzes. Em particular, para observação de Cefeídas esse problema é multiplicado, pois diversas observações são requeridas em momentos diferentes ao longo dos dias. Por isto, ao invés de promover observações de Cefeídas junto aos alunos, realizamos observações próprias para que os dados fossem analisados pelos alunos.

Assim, um dos produtos que geramos nesse trabalho consiste em observações de Cefeídas a serem disponibilizadas em formato digital (links e referências no Apêndice C – Imagens usadas na Fotometria). Foram realizadas algumas observações, na UFS, para estudarmos a factibilidade técnica das observações. Para nos familiarizarmos com o equipamento, montamos o telescópio com suas partes mecânicas e eletrônicas (*Figura 2.6*).



Figura 2.6: Telescópio Cassegrain Maksutov de 5" do DFI-UFS.

Também tivemos uma introdução sobre o software SHARPCAP, ² para obtenção das imagens capturadas com a câmera ASI120 do DFI-UFS.

Combinando a câmera colorida ASI120MC, com o telescópio de 5" do Departamento de Física fizemos algumas observações de cefeídas, com a qual extraímos algumas imagens em formato

² Download em < <http://www.sharpcap.co.uk/sharpcap/downloads> > Acesso em 10 de abril de 2017.

fits. Este material constitui um dos produtos de nossa dissertação e se encontra no link apresentado no Apêndice C – Imagens usadas na Fotometria.

Nesse formato, correntemente utilizado em Astronomia, pudemos extrair informações físicas como geometria e fotometria das fontes. Um dos procedimentos mais utilizados em fotometria, especialmente de estrelas variáveis, é o procedimento de fotometria relativa, em que se compara a razão dos fluxos de duas estrelas no campo de estrelas observado ao longo do tempo. Quando há uma estrela variável no campo a razão de fluxo entre uma estrela variável e outra não variável deve oscilar com o tempo.

Chegamos a produzir os dados para esta atividade com observações reais para cefeída Beta Lyr, conforme apresentamos na *Figura 2.7*. Apesar de haver uma concordância entre os máximos e mínimos de nossas observações relativas às observações registradas pela Associação Americana de Observadores de Estrelas Variáveis AAVSO, (2016), encontramos que nossas observações são muito esparsas e com incertezas muito grandes para que a curva de variabilidade fosse facilmente associada pelos alunos com uma estrela variável. Apresentamos os resultados deste trabalho na VII Reunião da Sociedade de Estudos Astronômicos de Sergipe SANTOS, E., (2016)

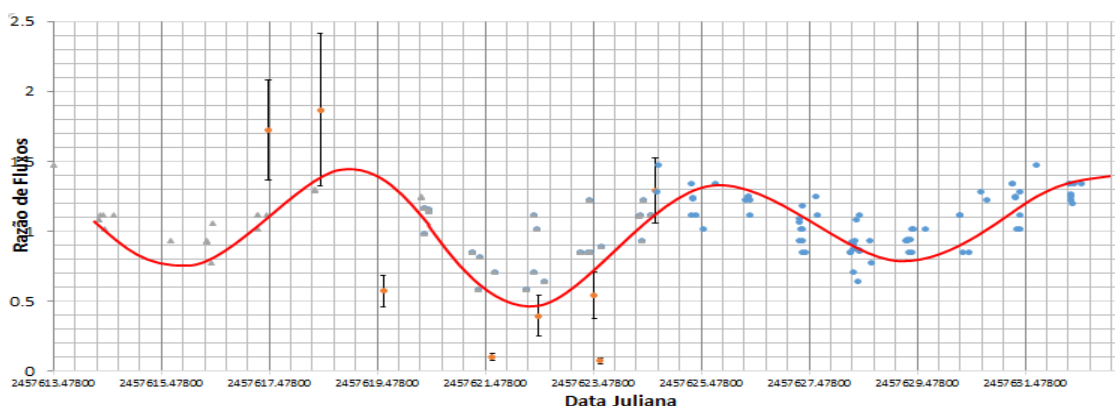


Figura 2.7: Curva de variabilidade da cefeída Beta Lyr observada por nós entre nas datas julianas apresentadas no gráfico. Pontos cinza e azuis são dados da AAVSO e os pontos com incertezas são nossas observações.

Alternativamente, para explicitar de forma mais clara na fotometria relativa o efeito de variabilidade, criamos uma sequência de 10 imagens de um campo de estrelas nas Plêiades onde registramos o efeito de variabilidade de todas as estrelas ao obstruir a entrada do telescópio com sua própria tampa protetora (imagem central da *Figura 2.8*).

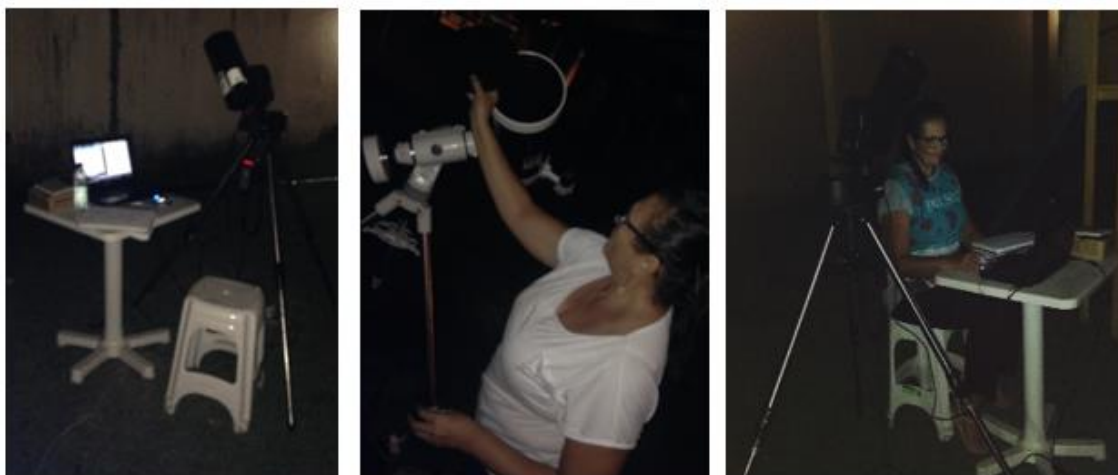


Figura 2.8: Aparato para as observações das cefeídas. Na imagem do meio estamos obstruindo gradativamente o campo estelar observado com o propósito de obter a variação do fluxo de todas as imagens em função do tempo.

Um de nossos produtos é uma atividade de fotometria produzida com o auxílio do software IMAGEJ, ³ e o Excel, em que exploramos mapas de fluxo (Figura 2.9) de observações em que é possível verificar a quantidade de luz incidente em diferentes direções, representadas por uma matriz de dados, em que cada célula da matriz representa uma direção, e o número associado a cada célula é o fluxo luminoso naquela direção. Assim além das imagens digitais que podem ser trabalhadas diretamente no computador, os alunos podem trabalhar com os dados digitais combinados com planilhas eletrônicas, com o propósito de compreender a constituição das imagens e os modos de operar com elas, ou no caso mais simples o professor pode fornecer diretamente um papel impresso com os mapas de fluxos, como fizemos em nossa atividade.

Criamos uma série de três vídeos tutoriais para auxiliar aos professores em atividades semelhantes às disponíveis no Apêndice C – Imagens usadas na Fotometria.

³ Download em: < <https://imagej.nih.gov/ij/download.html> > Acesso em: 15 de agosto de 2017.

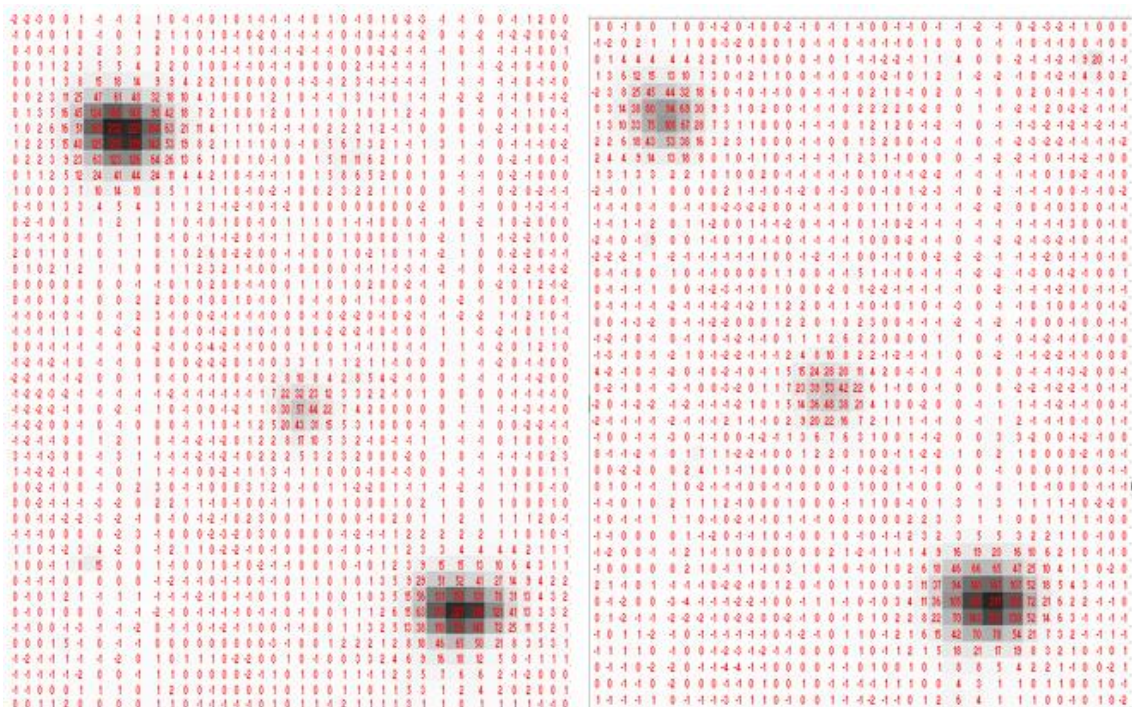


Figura 2.9: Imagens Fotométrica produzidas no Excel. A imagem à esquerda mostra a estrela com uma intensidade luminosa maior e a imagem à direita mostra a estrela com intensidade menor.

Com ela os alunos puderam fazer a contagem de intensidade luminosa das estrelas “manualmente” e verificar sua variabilidade através da construção do gráfico Brilho x Período (Figura 2.10).

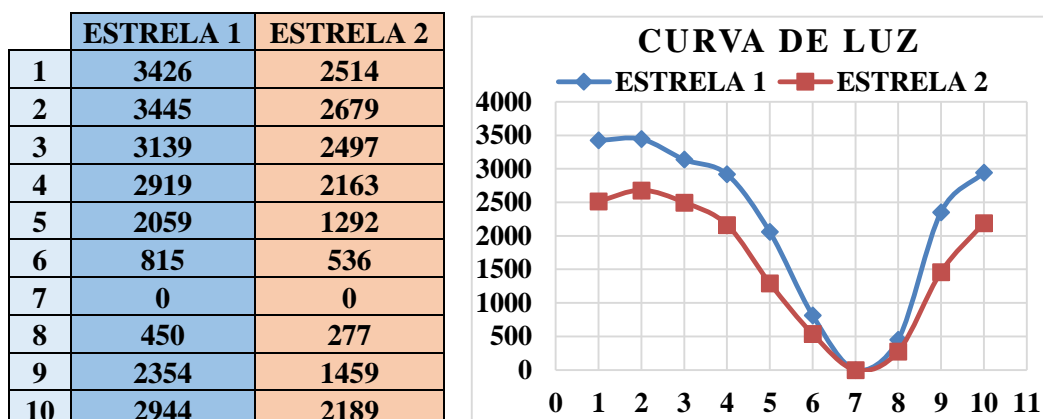


Figura 2.10: Gráfico da curva de luz e a tabela com valores de intensidade luminosa das estrelas de duas estrelas do campo observado para as Plêiades. Note que na fotometria relativa nas condições mencionadas no texto as duas estrelas variam simultaneamente. No caso da observação de uma cefeída a variação seria intrínseca e apenas a variável cefeída teria a razão de fluxos com alterações periódicas.

2.4.3 Planilha Interativa para Testar a Equação de Onda

Produzimos uma planilha interativa (Figura 2.11) como um dos produtos desse projeto, no intuito de facilitar o aprendizado do aluno no que se refere a identificação dos elementos de uma

onda, bem como praticar os cálculos relacionados. Nela o aluno pode alterar os valores de amplitude e frequência e identificar visualmente o que ocorre com a onda.

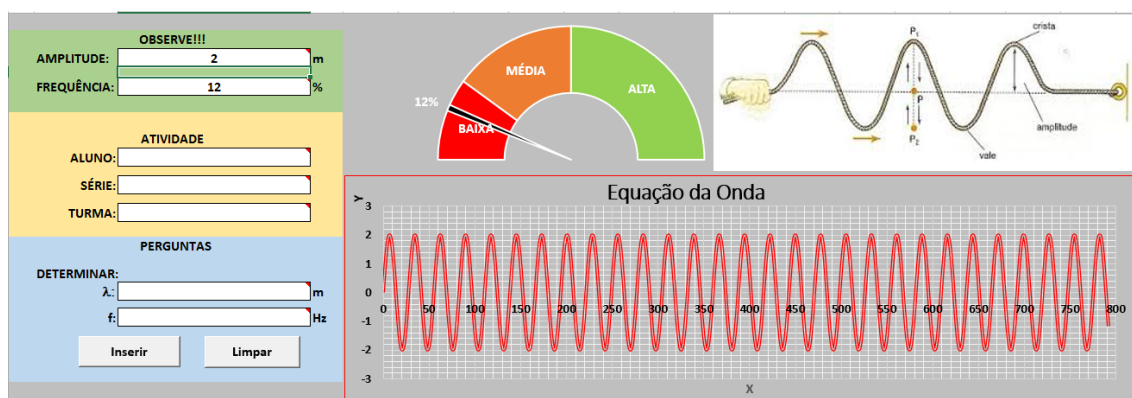


Figura 2.11: Planilha Interativa para Testar a Equação da Onda.

A planilha Interativa dá ao professor a possibilidade de instruir o aluno para que ele arraste a imagem da onda padrão e a coloque sob a onda que representa a Equação da Onda, e logo em seguida altere os valores de amplitude e frequência para onda se sobreponha perfeitamente sobre a figura padrão (Figura 2.12).

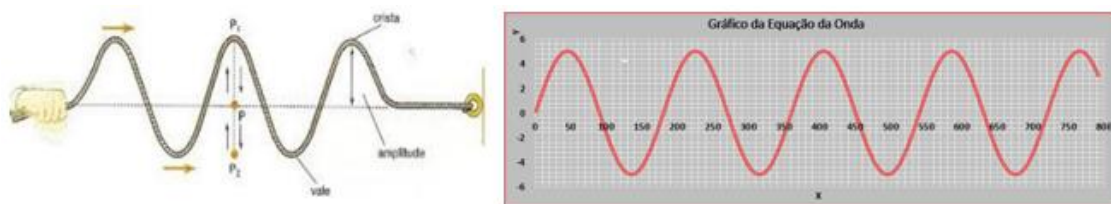


Figura 2.12: Imagem de uma onda em uma corda (esquerda) e gráfico que podemos sobrepor à imagem da corda para se trabalhar com os parâmetros de ajuste da função de onda.

Outra opção é solicitar que os alunos atribuam aleatoriamente um percentual de frequência e amplitude no campo de cor verde da planilha e, depois determinem o valor do comprimento da onda no gráfico que representa a equação de onda, em seguida calculem o valor da frequência tomando como base uma velocidade de onda estabelecida pelo professor.

Feito isso, os alunos podem inserir os valores de comprimento de onda e frequência calculada na parte da planilha que está na cor azul.

A planilha gera um relatório onde o professor tem a identificação do aluno e turma, e os dados que o aluno inseriu e calculou durante a realização da atividade. O professor pode contabilizar o número de acertos e de erros da atividade realizada por aluno, além de poder atribuir notas a partir daí.

2.4.4 Vídeos Tutoriais

Com o intuito de contribuir para o melhor entendimento dos professores sobre os produtos aqui desenvolvidos. Gravamos e editamos no CAMTASIA, Studio ⁴ vídeos-tutoriais com as instruções necessárias para a confecção da Caixa Simuladora de Campo Estelar (Figura 2.13)·, Fotometria a partir de um mapa de fluxos: subtraindo o ruído de fundo do Céu (Figura 2.15), e Fotometria e Escala de Cores de um campo Estelar utilizando planilha eletrônica (Figura 2.15), para a confecção das planilhas da atividade de Fotometria·. Esses vídeos estão disponíveis no canal do youtube scaranojrastro SCARANO JR, .

Nesses vídeos os professores poderão aprender passo a passo como construir cada ferramenta.

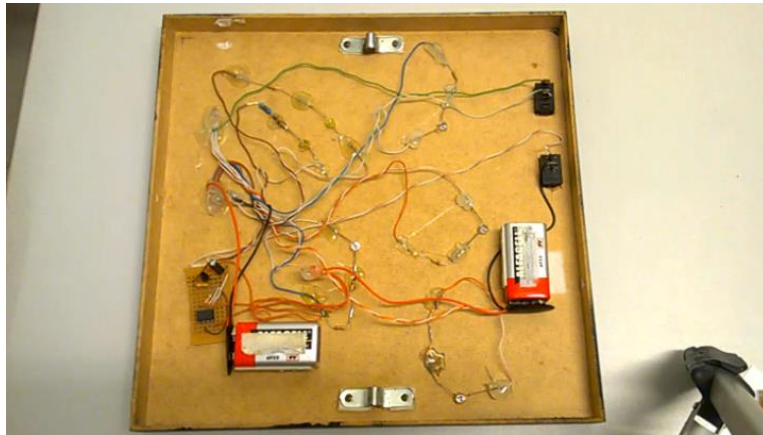


Figura 2.13: Vídeo tutorial no canal do youtube scaranojrastro sobre a atividade de montagem da caixa simuladora do céu^{5 6} Scarano Jr & Santos (2017a) SCARANO JR, .

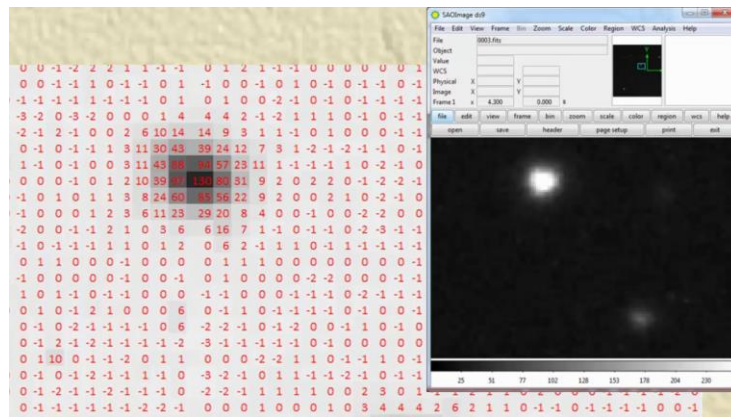


Figura 2.14: Vídeo tutorial no canal do youtube scaranojrastro sobre a atividade de fotometria utilizando o ImageJ e como extrair no mapa de fluxos Scarano Jr & Santos (2017b)⁷ SCARANO JR, .

⁴ Programa Camtasia Studio adquirido com verba governamental direcionada ao grupo de Astronomia, via INCTA (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Astrofísica).

⁵ Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=aUmdZiHRn5E&app=desktop> > Acesso em: 16/07/2017

⁶ Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=W3zGsAh78WA&app=desktop> > Acesso em: 16/07/2017

⁷ Disponível em:< https://www.youtube.com/edit?o=U&video_id=Rb_-Mr2AOS8 >Acesso em: 16/07/2017

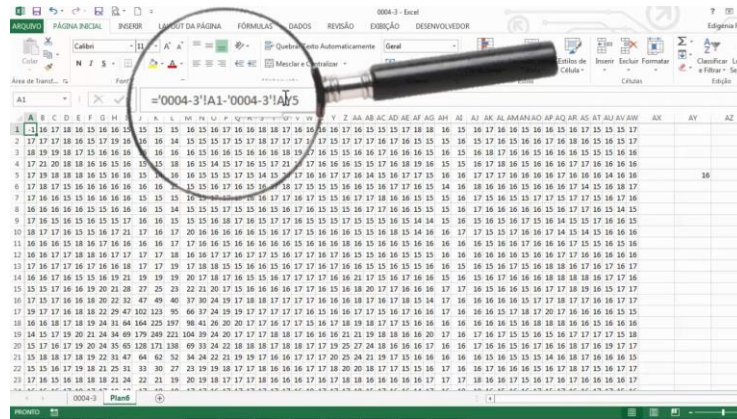


Figura 2.15: Vídeo tutorial no canal do youtube scaranojrastrastro sobre fotometria a partir de um mapa de fluxos e subtração do ruído de fundo do céu Scarano Jr & Santos (2017c)⁸ SCARANO JR, .

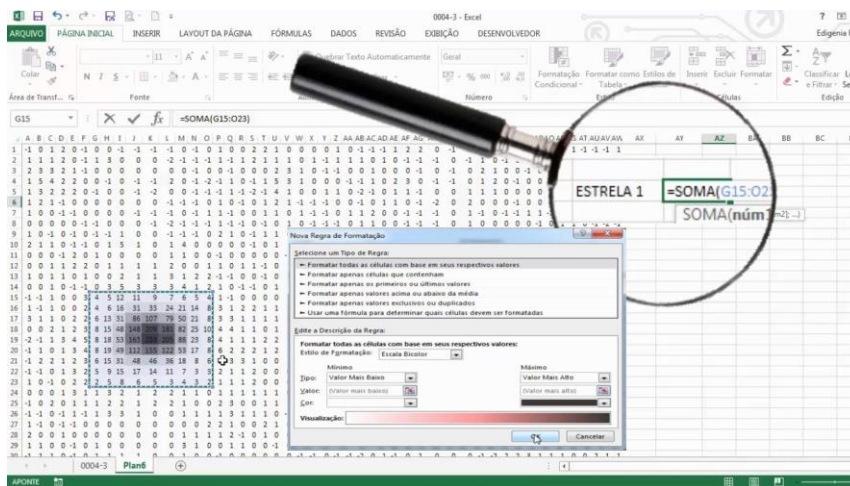


Figura 2.16: Vídeo tutorial no canal do youtube scaranojrastrastro sobre como executar a fotometria e atribuir uma escala de cores de um campo estelar utilizando uma planilha eletrônica Scarano Jr & Santos (2017d)⁹

⁸ Disponível em: < https://www.youtube.com/edit?o=U&video_id=VmpJUW8dplI > Acesso em: 16/07/2017

⁹ Disponível em: < https://www.youtube.com/edit?o=U&video_id=4RgvtD4PK64 > Acesso em: 16/07/2017

Capítulo 3

Procedimentos para Aplicação do Produto

Procurando otimizar o tempo, fizemos a aplicação de nosso produto em três encontros durante o horário normal de aula, pois os alunos do terceiro ano devem estar com os conteúdos ministrados e revisados antes do dia aplicação da prova do Enem, que em 2017, ocorrerá nos dias 5 e 12 de novembro. Essas aulas tiveram uma duração de 50 minutos cada, uma sequência didática em cada aula.

No início da primeira aula aplicamos um pré-teste com questões do Enem e outros vestibulares para averiguarmos o grau de conhecimento que esses alunos tinham sobre os conteúdos que seriam abordados. Sem avisá-los aplicamos um pós-teste com as mesmas questões a fim de tentar mensurar o grau de aproveitamento do conhecimento após a aplicação do produto.

Orientamos aos professores que podem aplicar o produto no todo ou parcialmente, pois as sequências didáticas aqui apresentadas, podem ser adotadas de forma independente, que assistam aos vídeos tutoriais de confecção da Caixa Simuladora de Campo Estelar e Cartões para uso na atividade de fotometria, além do vídeo tutorial de utilização na Planilha Interativa.

3.1 Primeira Aula

Antes do início da primeira sequência didática, aplicamos o pré-teste, e informamos aos alunos que no pré-teste não tinha local para identificação dos alunos propositadamente, pois o objetivo era fazer uma análise do produto que seria aplicado, e que a identificação individual dos alunos não influenciaria no resultado.

Demos início a aula, questionando aos alunos:



Figura 3.1: Exemplo de fenômenos naturais que ocorrem periodicamente

Os alunos deram como exemplos, as fases da Lua, o nascer e o pôr do Sol, as marés.

Com isso, introduzimos o que seria um movimento periódico (todo aquele que se repete identicamente em intervalos de tempo iguais), e questionamos se ao observar o céu, a noite poderíamos identificar outros exemplos desse movimento. Nesse momento, alguns alunos falaram que “as estrelas piscam” periodicamente. Então, perguntamos para os alunos se a luz que chega até nós, vinda das estrelas tem o mesmo brilho, a mesma intensidade.

Então, explicamos que a variabilidade pode ocorrer, por exemplo, devido ao fato da estrela pertencer a um sistema binário e ser ocultada por sua companheira quando as duas estrelas se alinham ao longo da linha de visada do observador. Estas são chamadas de variáveis geométricas ou variáveis eclipsantes.

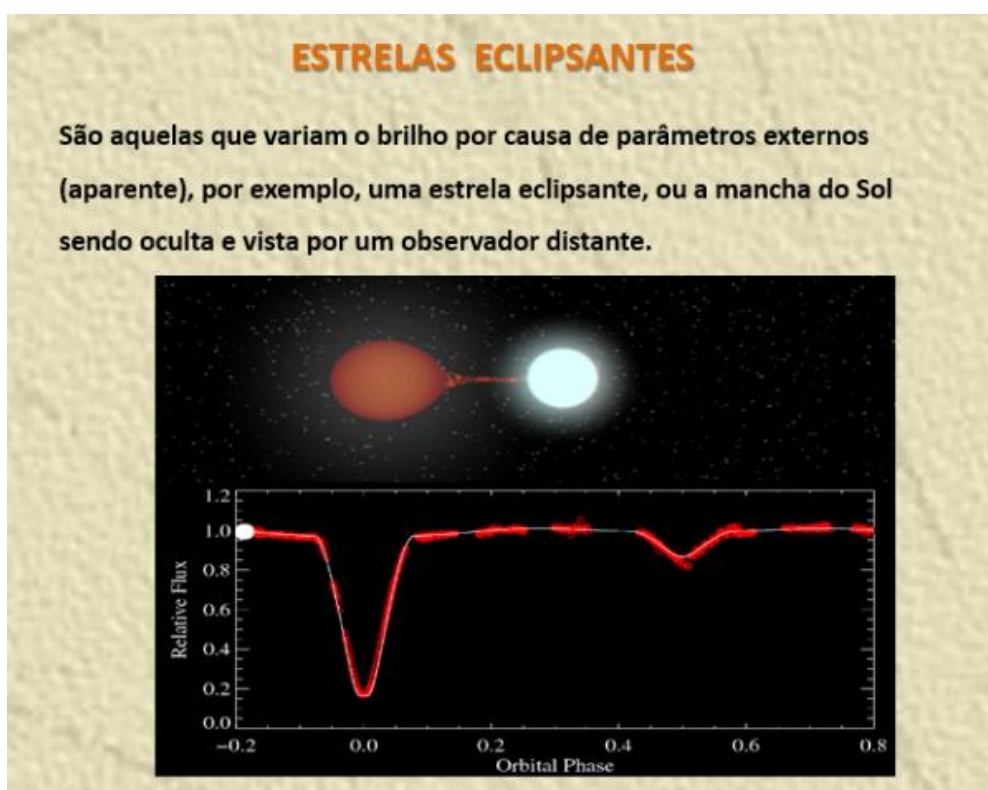


Figura 3.2: Estrela Eclipsante

Em outros casos a variabilidade não tem nada que ver com ocultação. É ao contrário, uma propriedade intrínseca dos objetos. A estas chamamos de variáveis intrínsecas, como é o caso das Variáveis Cefeídas. São chamadas assim porque o protótipo desta estrela é uma estrela da constelação de Cepheus.

Falamos da primeira Cefeída, Delta Cephei, descoberta por John Goodricke, em 1784. Que por várias noites ele fez observações de uma estrela na constelação de Cepheus que se tornava brilhante e depois diminuía seu brilho. Essas flutuações no brilho repetiam-se novamente a cada cinco dias.

Neste ponto tratamos de mostrar a importância da contribuição feminina para a Astronomia. Enfatizamos o trabalho de Henrietta Leavitt que, em 1908, no Harvard College Observatory (E.U.A.), analisou algumas fotografias de duas pequenas galáxias que estão próximas da Via-Láctea, chamadas de nuvens de Magalhães (Pequena e Grande Nuvem de Magalhães).

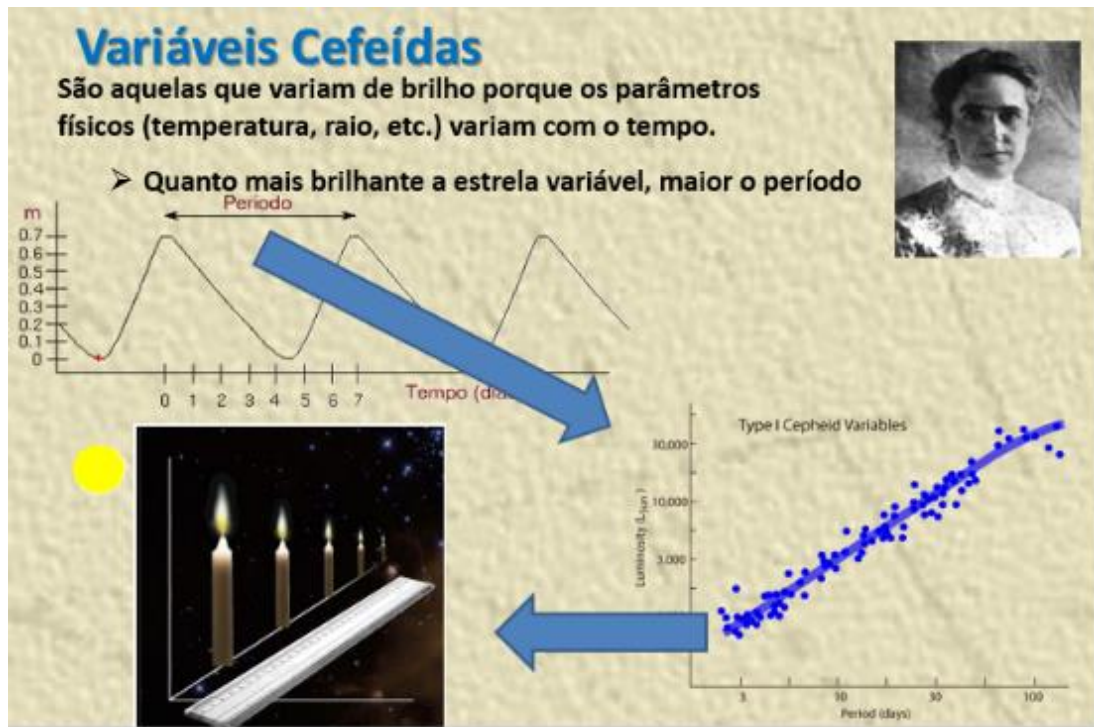


Figura 3.3: Info-animação utilizada em aula explicando a relação Período x Luminosidade para estrela variáveis cefeidas.

Leavitt estudou as cefeidas nas nuvens de Magalhães e notou que:

- Havia um padrão de flutuação no brilho: as cefeidas mais brilhantes tinham ciclos maiores de flutuação e a diminuição no brilho variava rapidamente.
- Todas as estrelas estavam aproximadamente às mesmas distâncias, então comparou o brilho aparente de cada estrela.
- Era possível elaborar uma lei empírica entre luminosidade e o período, o que se tornou então um diagrama período-luminosidade (*Figura 2.5*).
- O período de variação de brilho destas estrelas era inversamente proporcional a sua magnitude, e quanto mais brilhante a estrela, mais lento era o ciclo.
- Os ciclos não só dependem do brilho que as estrelas parecem ter (brilho aparente), mas também da quantidade de energia que emitem (luminosidade intrínseca ou absoluta).

Este trabalho teve uma enorme contribuição para resolver o então conhecido “grande debate” sobre nossa galáxia e os objetos extragalácticos, pois até então não se sabia se tais objetos

pertenciam à nossa própria galáxia. Também contribuiu para o trabalho Edwin Hubble, na década de 1920, sobre a expansão do Universo.

Para execução de nossa atividade distribuímos seis Caixas Simuladoras de Campo Estelar (*Figura 3.4*) e pedimos para que os alunos identificassem na Constelação as estrelas Cepheu, em especial a Delta Cephei. Eles fizeram questionamentos e observações sobre o desenho da Constelação, o Brilho e a cor das estrelas e a pulsação da cefeída.

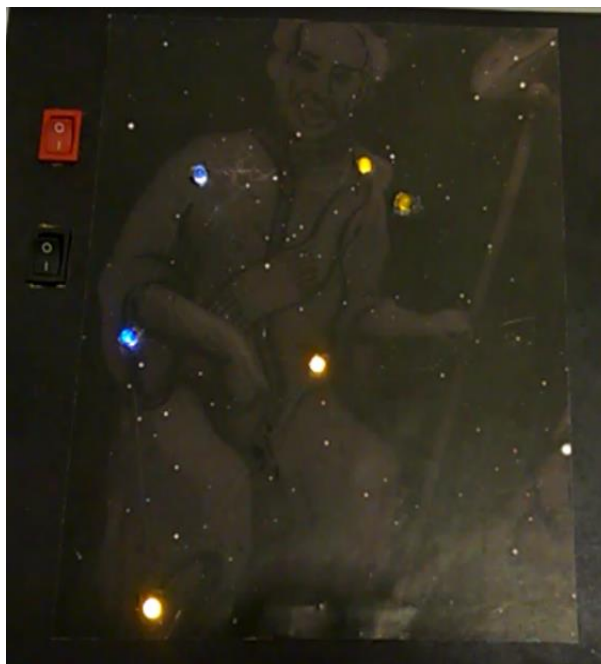


Figura 3.4: Foto Caixa Simuladora de Campo Estelar.

As dúvidas dos alunos foram sanadas com o auxílio do software STELLARIUM,¹⁰ para localizar a Constelação de Cepheu e tratamos do uso Telescópio para observação de corpos celestes.

Para incentivar a discussão sobre instrumentos ópticos aos alunos, apresentamos o software Stellarium. O Stellarium é um software de um planetário de código aberto para computador, onde o céu é mostrado de modo semelhante ao céu que é visto a olho nu, com binóculos ou telescópio. É necessário somente ajustar as coordenadas geográficas e começar a observar o céu (*Figura 3.5*).

¹⁰ Download em: <http://www.stellarium.org/pt/> . Acesso em: 12/07/2017

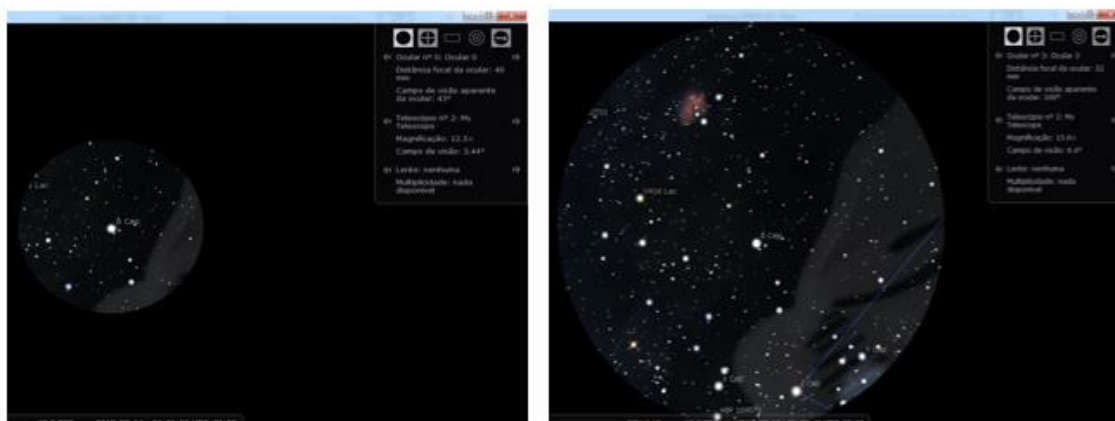


Figura 3.5: Imagem (Esquerda) Stellarium com Telescópio de distância focal da ocular 40 mm. Imagem (Direita) Stellarium com Telescópio de distância focal da ocular 32 mm.

A partir daí iniciamos uma revisão sobre os instrumentos ópticos, começando pelo mais simples como a lupa e chegando aos mais complexos como os telescópios. Mostrando quais são os tipos de telescópios utilizados e características ópticas, tipos de lentes e esquema de construção da imagem.



Figura 3.6: Características ópticas de um Telescópio

Outro simulador de telescópio que usamos foi o disponibilizado pela Universidade de Nebraska-Lincoln¹¹, nele os alunos puderam observar o que ocorre com a imagem de um objeto observado quando se altera a abertura, a ocular e se faz o ajuste de foco.

¹¹ Disponível em : <
<http://astro.unl.edu/classaction/loader.html?filename=animations/telescopes/telescope10.swf&movieid=telescope10&width=1000&height=750&version=6.0.0> >Acesso em 12/07/2017

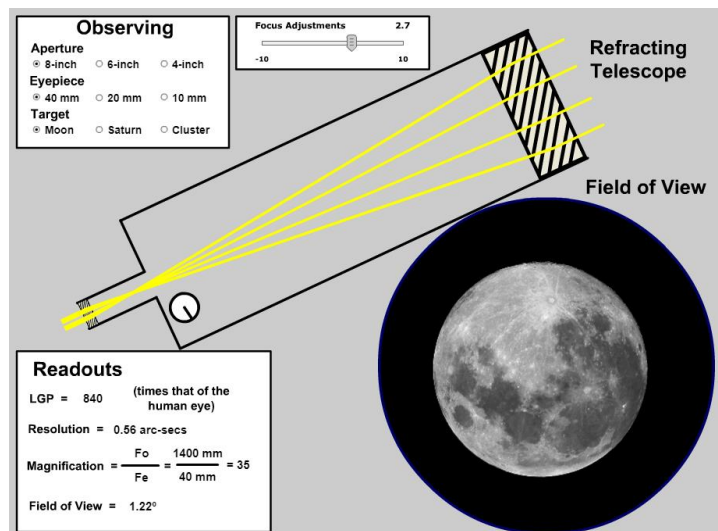


Figura 3.7: Imagem Simulador de Telescópio da Universidade de Nebraska-Lincoln

3.2 Segunda Aula

Demos início a está aula relembrando quais são os elementos da onda e a Equação Fundamental da Ondulatória.

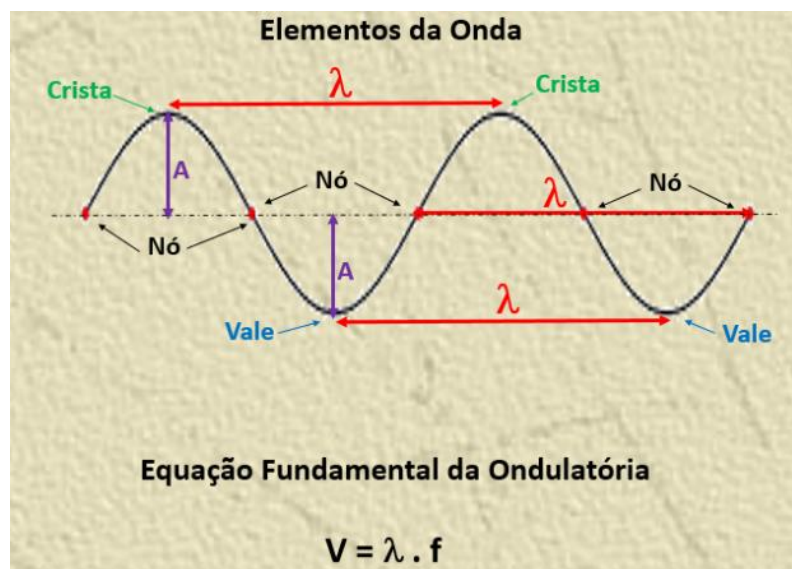


Figura 3.8: Elementos da Onda

Os alunos retomaram a Caixa Simuladora de Campo Estelar. Uma caixa foi fornecida para cada grupo de 4 alunos, e foi iniciada uma explanação e observação sobre o brilho das estrelas da constelação de Cepheu.



Figura 3.9: Caixa Simuladora de Campo Estelar

Falamos sobre o conceito de brilho, que é a quantidade de potência emitida dispersa em todas as direções por um corpo celeste, e que o brilho depende da luminosidade, sendo este último conceito a medida do “brilho intrínseco” de um objeto celeste amarrado no conceito astronômico de magnitude absoluta. Esta é a magnitude aparente hipotética do objeto a uma distância padrão de exatamente 10 parsecs (32,6 anos-luz) do observador.

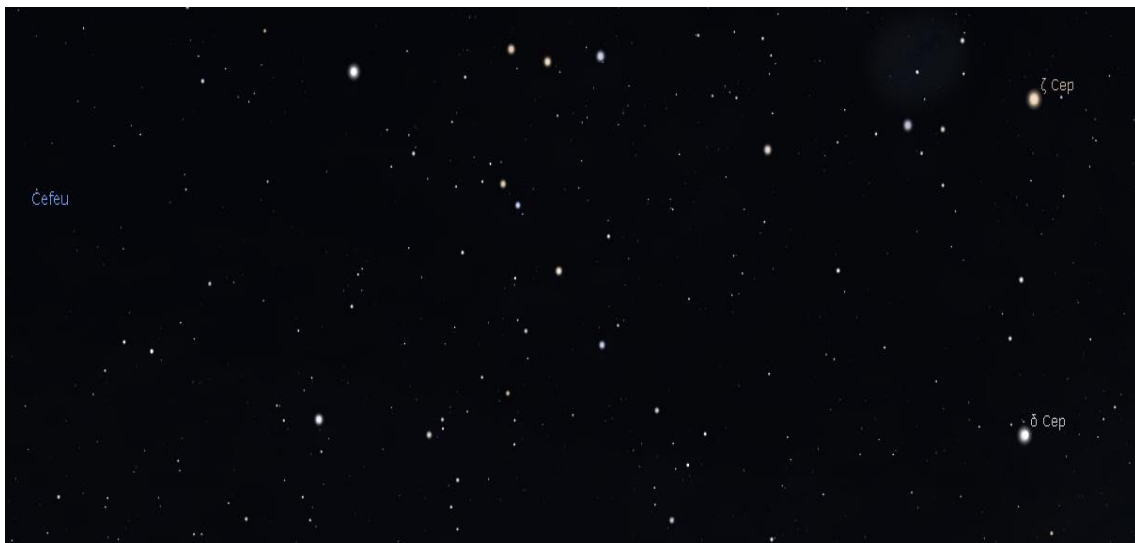


Figura 3.10: Constelação de Cepheu

Introduzimos o conceito de Fotometria como uma técnica de determinação do fluxo luminoso (ou magnitude aparente) de uma fonte astronômica. A fotometria de uma ou mais fontes geralmente é feita sobre uma imagem obtida em condições de observação estáveis.

A estabilidade da atmosfera, no caso de observações baseadas em solo, é importante porque o sinal obtido por um sistema telescópio e detector vai depender da transparência da atmosfera e do tamanho da coluna de ar atravessada pela luz da fonte. Ademais disso, a própria atmosfera reflete luz por todo o céu, inclusive sobre a fonte luminosa que se deseja fazer a fotometria, de modo que faz parte das técnicas fotométricas os procedimentos para reduzir o efeito da atmosfera (ou do céu, como se diz na área) durante as observações (*Figura 2.15*).



Figura 3.11: Montagem do telescópio durante observação (à esquerda). Detalhe da montagem Telescópio e Detector (à direita).

Com as observações feitas (vide *Figura 3.12* e Apêndice C – Imagens usadas na Fotometria), produzimos material digital que utilizamos com os alunos para que eles pudessem identificar a variabilidade da luminosidade das estrelas e construir o gráfico da curva de brilho, com os dados colhidos no material.

Essa atividade aconteceu conforme os passos a seguir:

- 1) Distribuímos aleatoriamente 10 imagens para a turma dividida em duplas (*Figura 3.12*). Cada imagem mostrava uma intensidade luminosa diferente das estrelas que eles colocaram numa sequência de modo a mostrar a variabilidade da estrela.

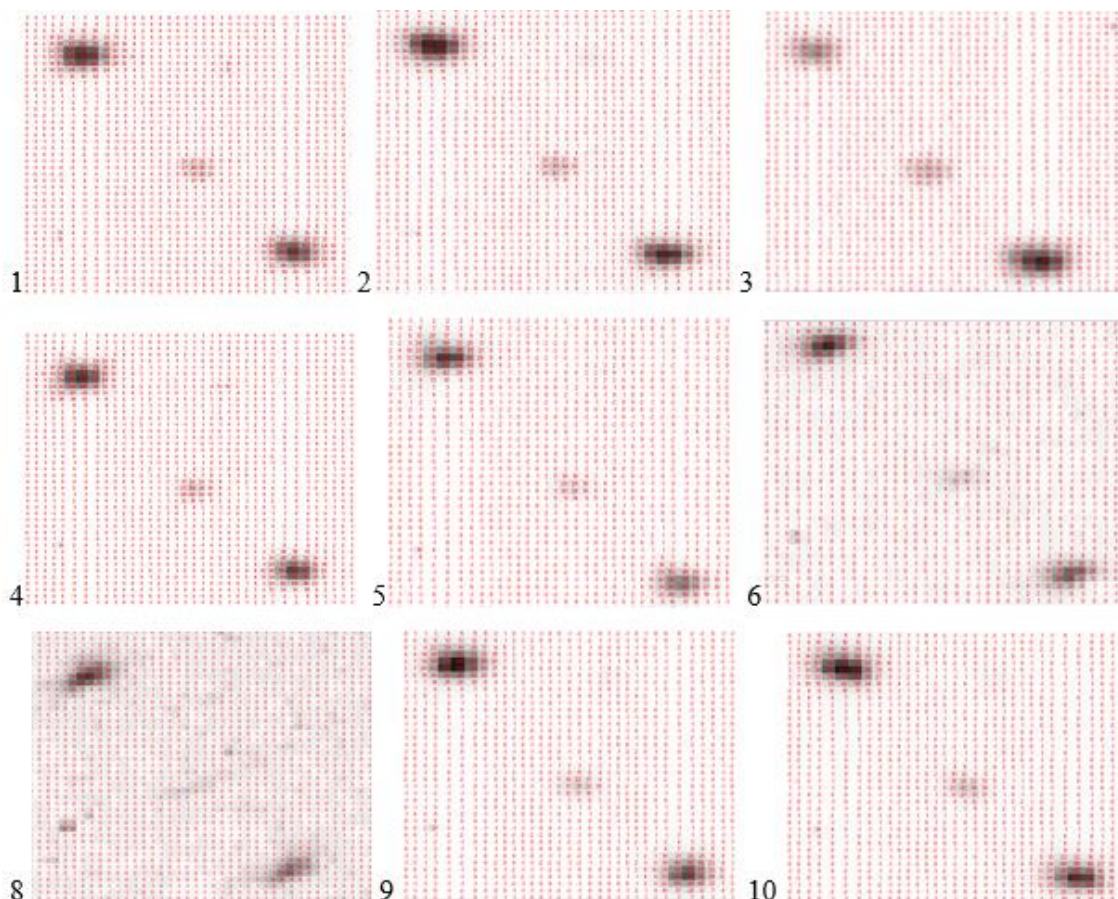


Figura 3.12: Imagens em sequência mostrando a variabilidade luminosa das estrelas. Não incluímos a imagem que não foi registrado fluxo.

- 2) Em seguida cada dupla, fez a contagem das células que mostram a variabilidade luminosa das duas estrelas e inseriam numa tabela e com esses dados construíram o gráfico da curva de luz.

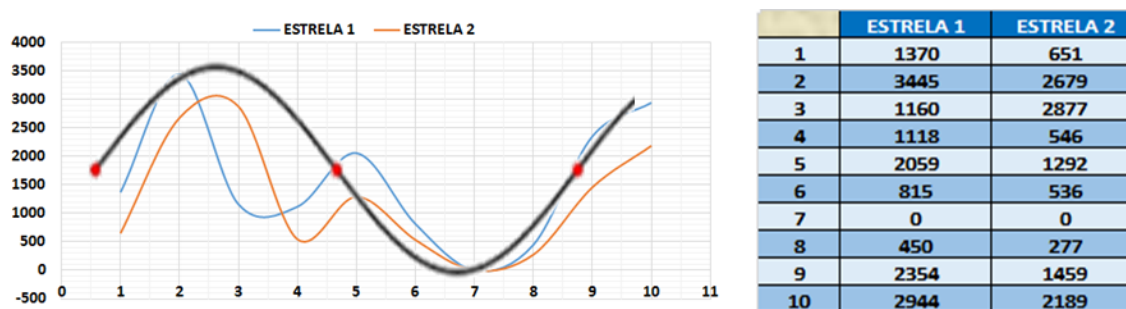


Figura 3.13: Tabela com a contagem da intensidade luminosa das estrelas feita pelos alunos em função do tempo (esquerda). Gráfico do Período x Fluxos construído com os dados da tabela (a direita). Como apresentado na Figura 2.10 e explicado na seção 2.4.2 Optamos apenas por plotar as intensidades em função do tempo para enfatizar mais o caráter oscilatório da curva. Em uma cefeída isso geraria uma curva ondulatória para cefeída e constante para estrela tomada como referência. A curva em negro sobreposta aos dados dos alunos representa a variação global esperada que não foi perfeitamente registrada pelos alunos devido ao problema de um erro nas estrelas escolhidas para fazer a fotometria relativa em dois grupos (os que trabalharam com os dados 3 e 4)

- 3) Após a construção do gráfico da curva de luz. Foi proposta aos alunos uma atividade com a Planilha Interativa para Testar a Equação de Onda;
- 4) Os alunos foram orientados a alterar os valores de amplitude e percentual de frequência nos campos na cor verde e observar o que acontecia com a onda;
- 5) Os alunos foram orientados a alterar os valores de amplitude e percentual de frequência nos campos na cor verde e observar o que acontecia com a onda.
- 6) Em seguida foram orientados a arrastar a imagem da onda padrão para que ficasse sob a Equação de Onda e em seguida alterassem os valores de amplitude e frequência para que o gráfico da Equação da Onda ficasse sobreposta e mais semelhante possível com a onda padrão.

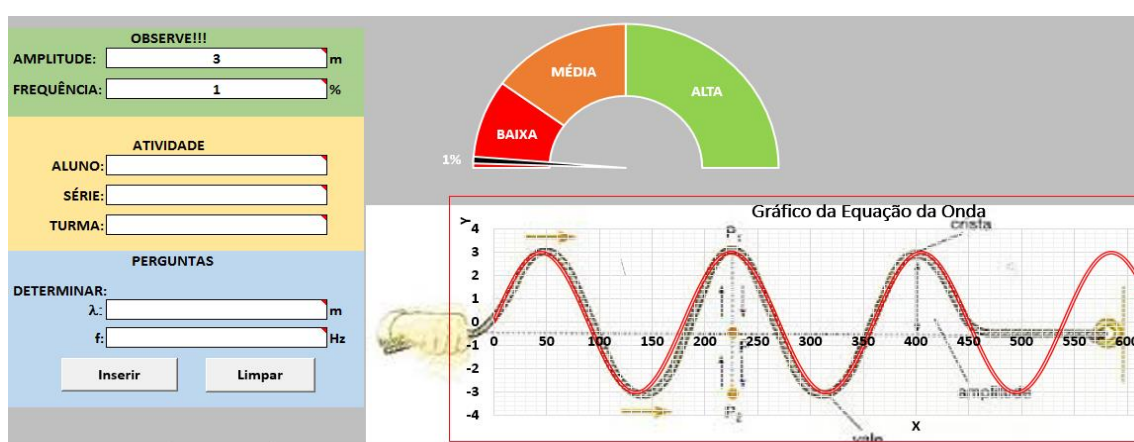


Figura 3.14: Planilha interativa mostrando a sobreposição da Imagem da onda padrão e o gráfico que representa a Equação de Onda.

- 7) Os alunos colocaram valores amplitude e percentual de frequência no campo e seguida mediram o valor do Comprimento de Onda e fizeram o cálculo da frequência considerando um valor de Velocidade da Onda predeterminado, no caso 200 m/s, e digitaram os valores de comprimento de onda e Frequência nos campos da cor azul.
- 8) Foi solicitado para que os alunos digitassem seus nomes e turma no campo cor de laranja. E em seguida salvasse os dados, pressionando o botão inserir.
- 9) Após a atividade tivemos acesso aos dados dos alunos em uma planilha, com os respectivos acertos e erros. Onde podemos fazer a correção e atribuir nota se for o caso.

ALUNO	SÉRIE	TURMA	λ	f	f prevista			
João Carlos Gomes	3	B	27	7,4	7,41	Correto	86%	Acertos
Claudean Igor	3	B	47	4,25	4,26	Correto	14%	Erros
Érika Vieira	3	B	10	10	20,00	Errado		
Deborah Santos	3	B	50	4	4,00	Correto		
Thaísa Vitória	3	B	105	1,9	1,90	Correto		
Marina Vieira	3	B	25	8	8,00	Correto		
Graciely Santos	3	B	12	16,7	16,67	Correto		
Jacilene Santos	3	B	215	0,93	0,93	Correto		
ISLAN WILLIAM	3	D	12	16,7	16,67	Correto		
REBECA SANTOS	3	D	96	2,08	2,08	Correto		
RIKELLY IZIDÓRIO	3	D	150	1,33	1,33	Correto		
FERNANDA LARISSA	3	D	175	1,14	1,14	Correto		
BRUNA OLIVEIRA	3	D	115	1,73	1,74	Correto		
JOSE DENIS	3	D	17	11,8	11,76	Correto		
STEPHANY SANTOS	3	D	210	0,95	0,95	Correto		
VITÓRIA RAQUEL	3	D	250	0,8	0,80	Correto		
BRUNNA KAYANE	3	D	30	6,67	6,67	Correto		
TAIANE MARQUES	3	D	50	4	4,00	Correto		
Nataly Vitoria	3	E	100	2	2,00	Correto		
Laiane Batista	3	E	100	2	2,00	Correto		
Vitória Beatriz	3	E	329	0,6	0,61	Correto		
Maryellen	3	E	110	1,81	1,82	Correto		
George	3	E	179	0,2	1,12	Errado		
wesley	3	E	95	2,1	2,11	Correto		
wendell	3	E	95	2,1	2,11	Correto		
bruno	3	E	95	2,1	2,11	Correto		
Luiz Filipe	3	E	90	2,2	2,22	Correto		
mayara santos	3	E	300	0,6	0,67	Errado		

Figura 3.15: Planilha interativa mostrando o relatório de atividade dos alunos com o percentual geral de acertos e erros.

Ao final das atividades conseguimos explicar os dois conceitos fundamentais necessários para entender os conteúdos físicos e a essência do procedimento utilizado por Henrietta Leavitt.

Esta cientista ao observar estrelas em um objeto espacialmente restrito no céu como as Nuvens de Magalhães (distâncias limitadas) sabia que a diferença brilho de um objeto de mesma classe dever-se-ia a causas intrínsecas, pois não deveria haver mudanças no brilho aparente de um mesmo objeto que se encontra a uma mesma distância. Com isto, quando esta cientista detecta estrelas com variabilidades como mostramos na *Figura 2.7*, medindo o período dela com um procedimento semelhante ao executado com os alunos na *Figura 3.14*, mas usando dados de fotometrias como a estabelecida pelo conjunto dos alunos na *Figura 3.13*, ela separa objetos de uma mesma categoria. Ao fazer o mesmo trabalho não apenas para diversas observações de uma mesma estrela para, obter a curva de luz, mas milhares de estrelas, ela distinguiu uma categoria de estrelas cuja variabilidade do brilho dependia diretamente do período de variação do brilho. Como os objetos estavam a uma mesma distância aproximada, portanto a variação do brilho corresponderia a uma variabilidade intrínseca da luminosidade da estrela, e, portanto ela pôde chegar à relação explicitada na *Figura 2.5*. Isto forneceu o “gancho” para terceira aula, onde procuramos amarrar o conceito de que quando conhecemos a luminosidade de um objeto conseguimos medir a distância a ele. Isto se conecta com um importantíssimo conceito da grade curricular de Física: a lei do inverso do quadrado da distância.

3.3 Terceira Aula

Nesta aula propomos um experimento simples e barato para que os alunos pudessem visualizar a lei do inverso do quadrado da distância que está presente em vários fenômenos físicos, como por exemplo a atração gravitacional, as interações elétricas entre cargas pontuais ou a atenuação da radiação e do som no espaço a partir de fontes pontuais.

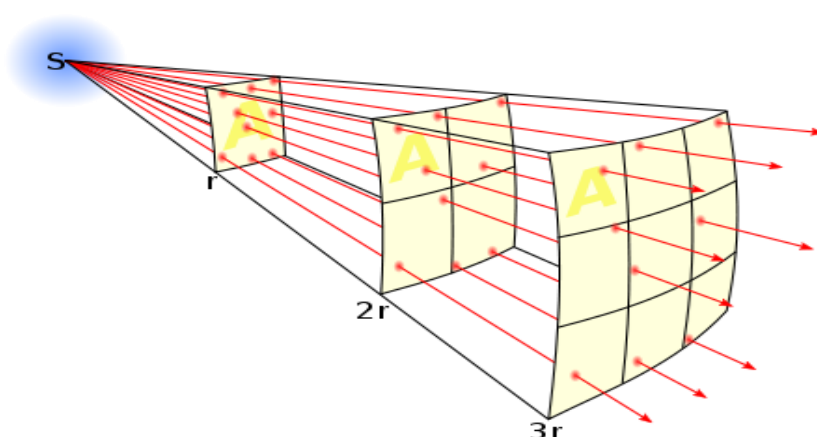


Figura 3.16: Propagação da radiação a partir de uma fonte S

Para realizá-lo precisamos de uma fita métrica e dois aparelhos de celular, em um deles devem ser instalados um aplicativo que mede a intensidade luminosa. No nosso caso usamos o aplicativo Ourlux que tem versões para Android e iPhone. O outro celular deve ter uma lanterna. Caso não tenha um celular com lanterna pode ser usada outra fonte de luz. Pensamos, no aparelho celular por ser um dispositivo que a maioria das pessoas possui.

Orientamos os alunos a seguir os seguintes procedimentos:

- 1) Baixar aplicativo gratuito que meça o fluxo de luz

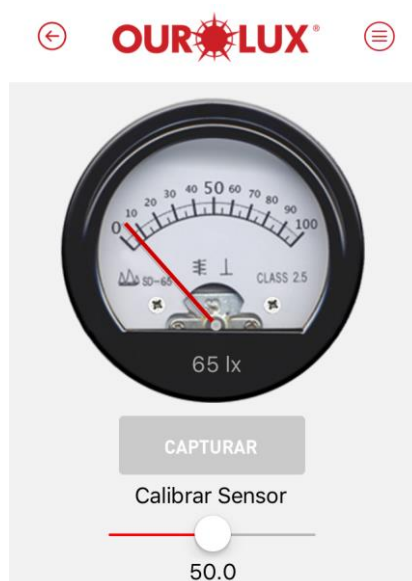


Figura 3.17: Aplicativo gratuito de medida de intensidade de luminosa

- 2) Ligar a lanterna do celular de modo a que a luz incida na câmera do celular que tem aplicativo de fluxo de luz.
- 3) Com a fita métrica, medir a distância da fonte de luz ao celular que tem o aplicativo para medir o fluxo luminoso.



Figura 3.18: Esquema de montagem do experimento

- 4) Registrar os valores de distância e de fluxo luminoso na *Tabela 3.1*: Tabela que apresentamos projetada em uma planilha eletrônica, mas que pode ser entregue impressa aos alunos ou preenchida na lousa.

Tabela 3.1: Tabela com dados colhidos no experimento

d (m)	1/ d² (m⁻²)	E (lux)
0,20	25,00	1076,00
0,30	11,11	572,00
0,40	6,25	536,00
0,50	4,00	428,00
0,60	2,78	428,00
0,70	2,04	428,00
0,80	1,56	428,00
0,90	1,23	341,00
1,00	1,00	341,00

- 5) Variar a distância da fonte luminosa ao painel e repetir o procedimento descrito em 2, 3 e 4.

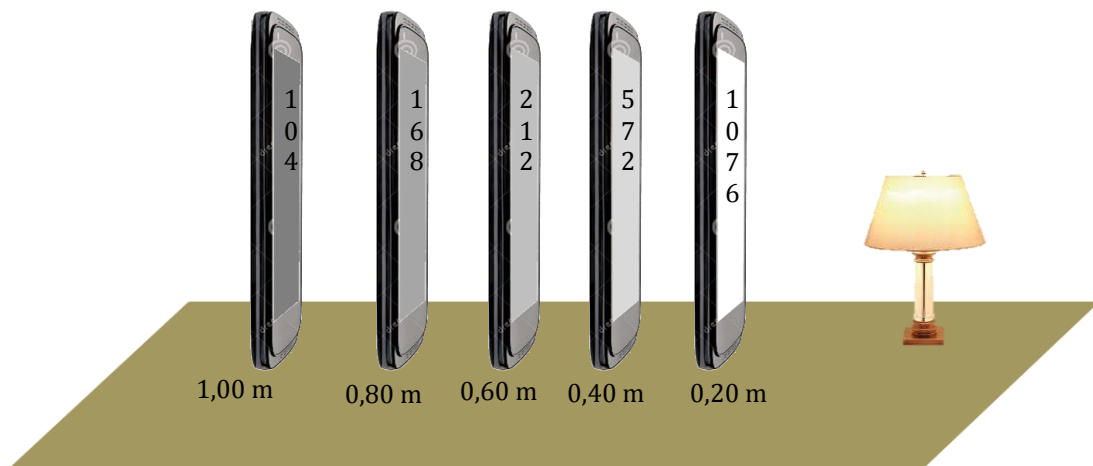


Figura 3.19: Esquema do experimento com valores de distância e intensidade luminoso coletados

- 6) Construir o gráfico do Fluxo Luminoso x Distância

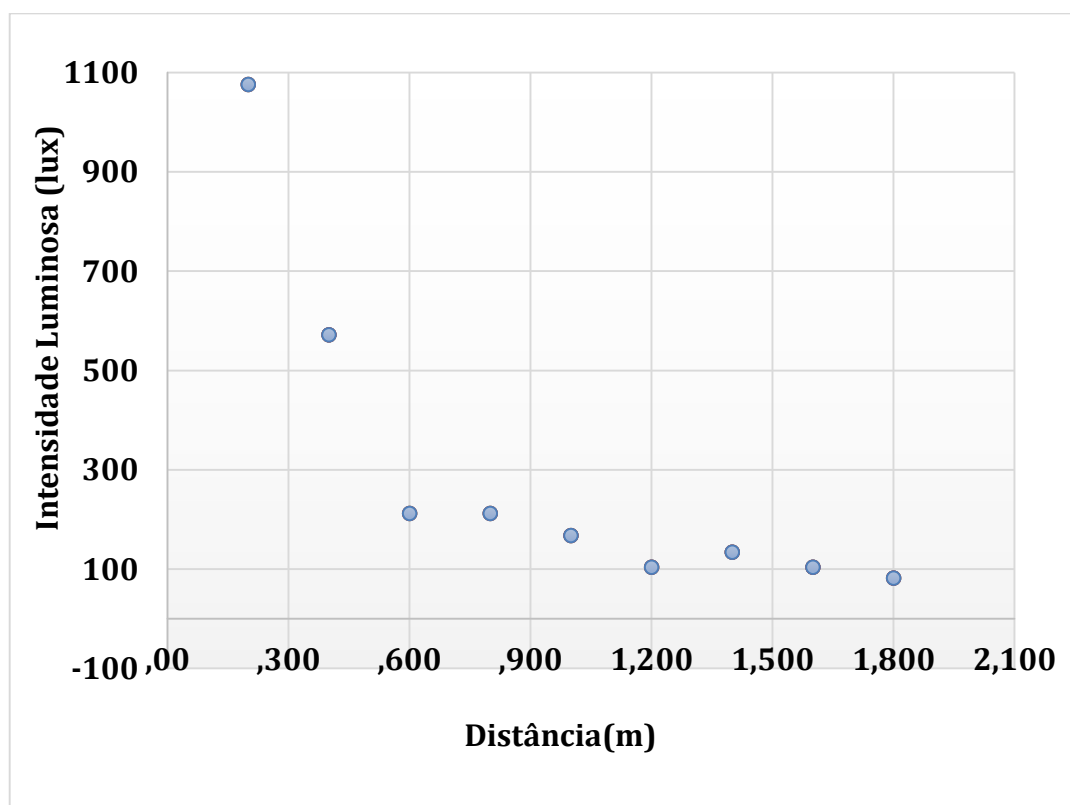


Figura 3.20: Gráfico do Fluxo Luminoso x Distância

7) Construir o Gráfico do Fluxo Luminoso x $1/d^2$

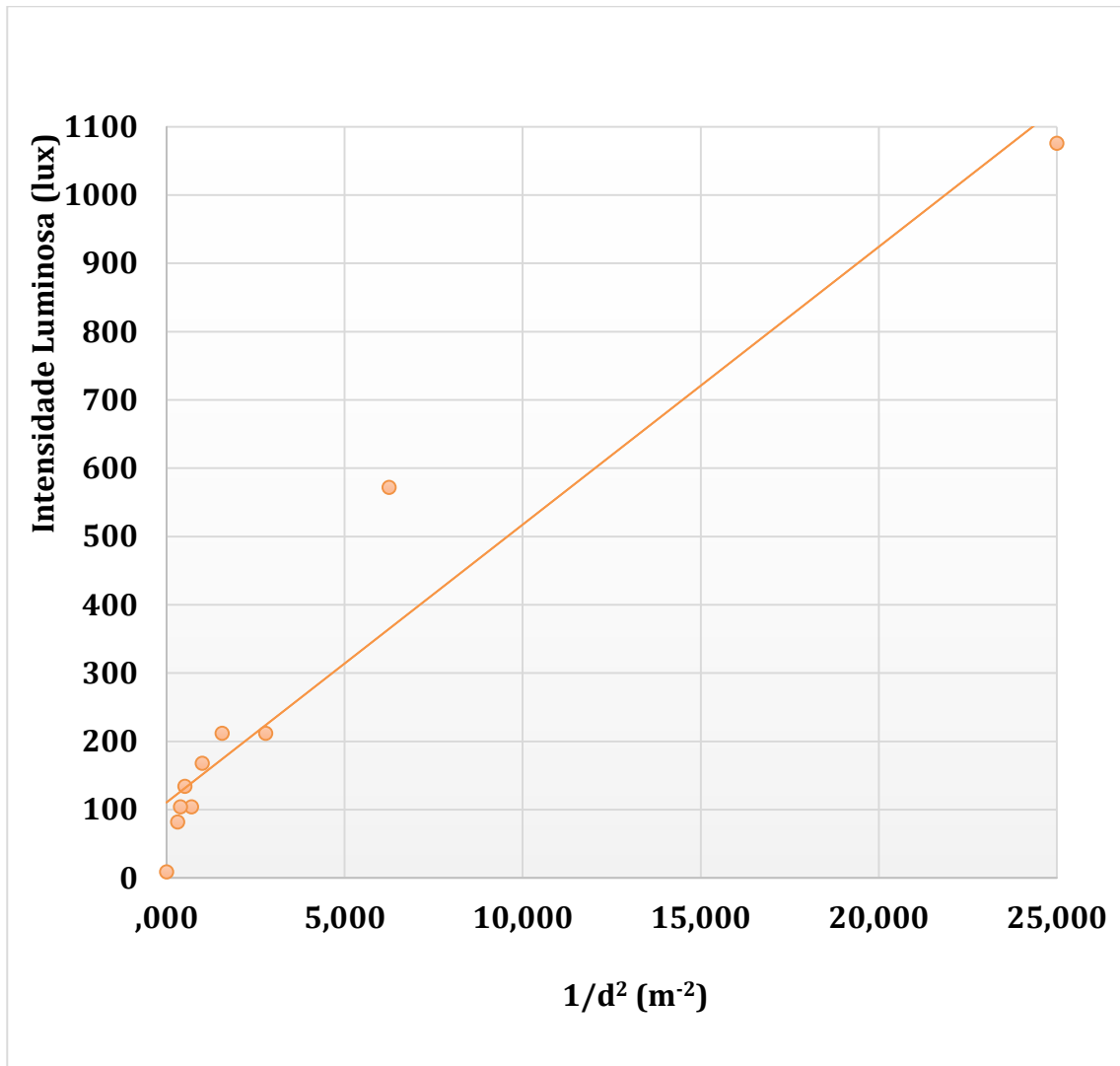


Figura 3.21: Gráfico do Fluxo Luminoso x $1/d^2$

Análise de Dados e Discussão

Este trabalho tem como parte principal um produto educacional criado com o intuito de auxiliar o professor de Física no desenvolvimento de suas atividades no processo de ensino e aprendizagem com alunos da Educação Básica. O material apresentado tem propositalmente um viés de usar a contribuição feminina na Ciência como elemento motivador para o ensino da Física, particularmente utilizando o trabalho que Henrietta Leavitt desenvolveu sobre as estrelas Variáveis Cefeídas. O propósito claro desta escolha é criar elementos de inspiração para que os alunos, em especial as meninas, busquem aprofundar-se no estudo das carreiras ligadas a área das Ciências da Natureza.

Assim sendo, preparamos e aplicamos uma sequência didática, de maneira que os produtos educacionais tivessem as Estrelas Variáveis e as descobertas de Henrietta Levitt como cenário de fundo. A aplicação dos produtos educacionais contemplou três etapas, perfazendo 3 horas aula, que consistiram em apresentar os fenômenos da natureza que se repetem periodicamente; a utilização do instrumento ótico (telescópio) com o qual fizemos a observação de um desses fenômenos periódicos (a variação de brilho de estrelas e as técnicas envolvidas para fazer este tipo constatação) e a contribuição do legado feminino deixado através da observação de variáveis cefeídas. Tudo isso combinado permitiu que cada ponto dos objetivos de nosso trabalho fosse explorado, respeitando a apresentação de conteúdos esperados na grade curricular dos alunos para o estudo de oscilações, ondas e óptica no Ensino Médio.

Na primeira aula, expusemos o projeto aos alunos evidenciando seus objetivos e expectativas com este trabalho. Em um momento anterior a aplicação do produto, foi feita uma verificação inicial, que denominamos “pré-testes” contemplada com 5 questões do Enem e de vestibulares para ingresso em diferentes universidades. Estas se encontram no Apêndice A – Pré e Pós-Teste, e que selecionamos com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios das turmas e o diferencial conquistado após a aplicação dos produtos. Os produtos foram aplicados em turmas de 3º ano do ensino médio por serem essas turmas da professora pesquisadora, mas, poderia também ser aplicado perfeitamente, em turmas 2º ano do ensino médio e no 9º ano do ensino fundamental, no caso dos 2º e 9º ano talvez não houvesse a necessidade de ser aplicado um pré-teste, pois deduz-se que esses alunos não tiveram conhecimento prévio formal sobre o assunto. Os resultados atingidos com a aplicação da verificação inicial e dos resultados posteriores são apresentados na *Figura 4.1*.

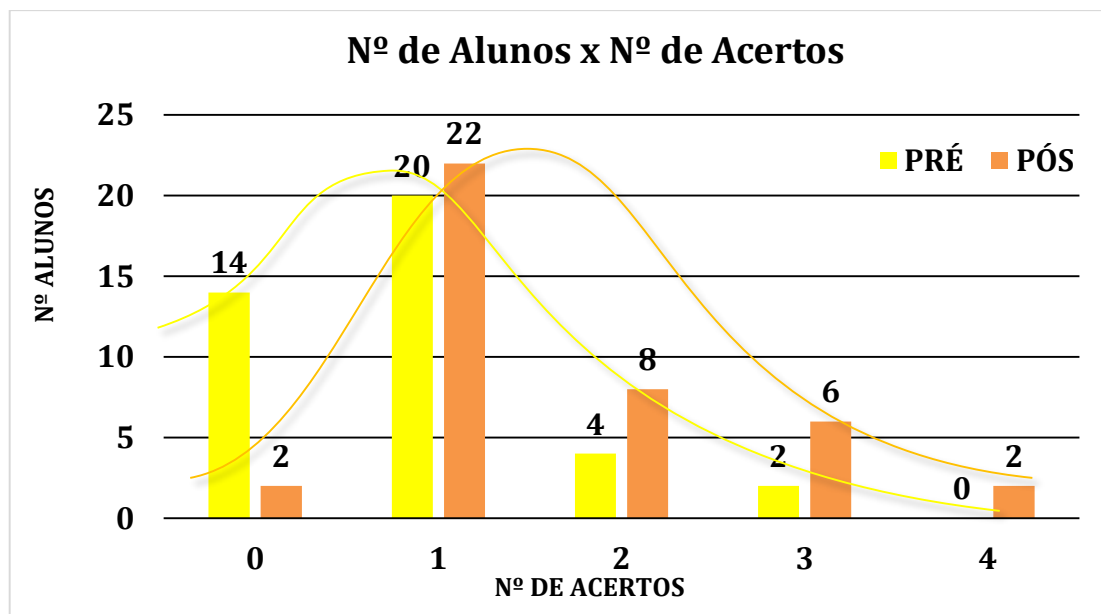


Figura 4.1: Quantidade de acertos por questão.

De acordo com gráfico, podemos observar que dos quarenta alunos que fizeram a verificação inicial 14 deles não acertaram nenhuma questão no pré-teste. Após a aplicação do produto o número de alunos que tiveram zero acertos caiu para 2. Observa-se também um aumento considerável de acertos de 2 questões, que dobrou nos pós-teste e também o número de alunos que conseguiram acertar 3 questões, que triplicou com relação pré-teste. Isto é reflexo de que nossa ação dentro do contexto de avaliações formativas, não é diferente e tem efeitos que podem ser mensuráveis no mínimo como um recurso de feedback de nossa ação. Note que a curva de distribuição do número de questões acertadas se desloca para direita na *Figura 4.1* pois mais alunos passam a acertar mais questões.

A própria manutenção de certos erros também é bastante informativa e pode ser explorada em um sistema de pré e pós-avaliação formativa. O gráfico da *Figura 4.2* mostra o número de acertos por questão.

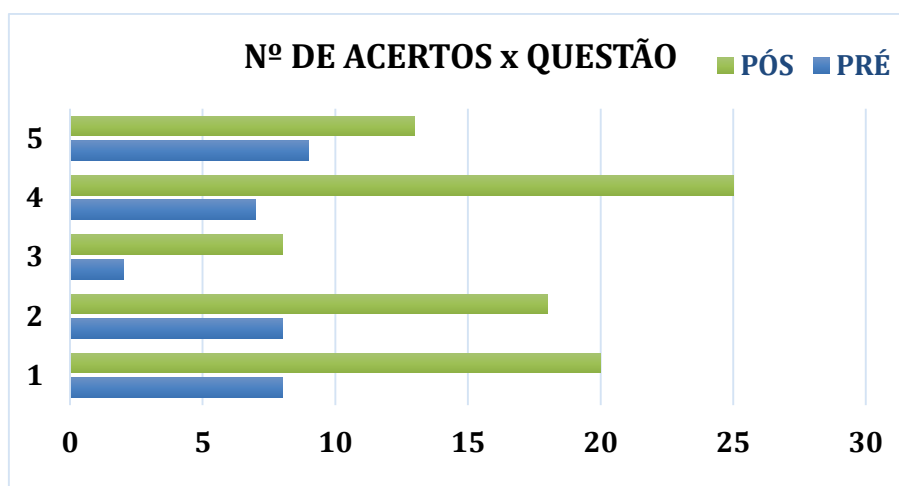


Figura 4.2: Gráfico Nº de Acertos x Questão

Nele podemos notar que a questão mais acertada foi a de número quatro com 25 acertos no pós-teste, contra 7 acertos no pré-teste. Apresentamos na *Figura 4.3* um extrato desta questão.

04. (FMTM-MG-2014). Um microscópio composto é um dispositivo que permite visualizar objetos de pequenas dimensões. Seu sistema óptico é constituído de duas lentes: a ocular e a objetiva. Pode-se afirmar que:

- a) as duas lentes são divergentes
- b) as duas lentes são convergentes
- c) as duas lentes têm convergências negativas
- d) a ocular é convergente e a objetiva divergente
- e) a ocular é divergente e a objetiva convergente

03. (ENEM-2012) Nossa pele possui células que reagem à incidência de luz ultravioleta e produzem uma substância chamada melanina, responsável pela pigmentação da pele. Pensando em se bronzear, uma garota vestiu um biquíni, acendeu a luz de seu quarto e deitou-se exatamente abaixo da lâmpada incandescente. Após várias horas ela percebeu que não conseguiu resultado algum. O bronzeamento não ocorreu porque a luz emitida pela lâmpada incandescente é de

- A) curto comprimento de onda.
- B) um espectro contínuo.
- C) amplitude inadequada.
- D) baixa intensidade.
- E) baixa frequência.

Figura 4.3: Questão 04 (a esquerda) mais acertada nos pós-teste. Questão 03 (à direita) menos acertada no pré-teste.

A experiência promovida ao discutir instrumentos ópticos deu suporte à extrapolação do conhecimento prático aplicado com nossos produtos. Ao trabalharmos com telescópios isso não gerou confusão com relação à diferença entre instrumentos, e os alunos foram plenamente capazes dirimir a confusão entre instrumentos e aumentar sua taxa de acertos na questão 4.

O comparativo dos resultados do pré-teste e do pós-teste foi particularmente afetada no que se refere a existência de pré-requisitos quanto aos alunos, pois registramos testemunhos do tipo:

“Professora. Não tinha professor de Física na escola em que estudei o 2º Ano. ”

“Não vi esse assunto”

“Não me lembro de nada desse assunto”

Teve um comentário que nos deixou surpresa, quando da apresentação da caixa simuladora, que é basicamente uma caixa de madeira com um circuito eletrônico que simula o campo estelar da Constelação de Cepheus (*Figura 4.4*). Um dos alunos perguntou “quem confeccionou a caixa?” ao que respondemos que havia sido nós. O aluno ficou com a fisionomia de surpreso e perguntamos qual seria o motivo da surpresa. Ele respondeu que não era comum “ter mulheres mexendo com isso” e uma aluna complementou assim como não é comum termos “professoras de Física. Geralmente são homens”.

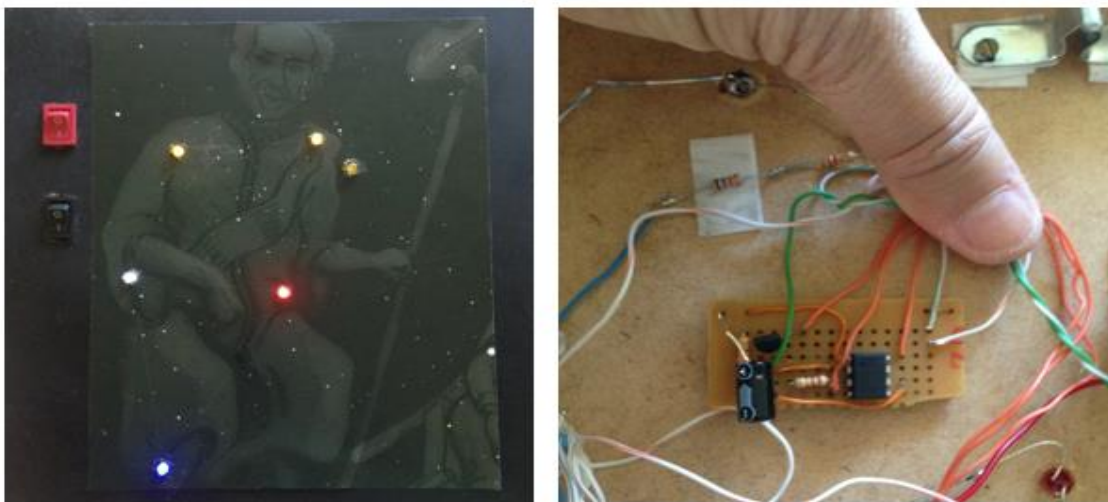


Figura 4.4: *Imagens da parte externa (a esquerda) e interna (a direita) da Caixa Simuladora de Campo Estelar*

A facilitadora aproveitou e destacou mais uma vez que um dos propósitos da atividade que eles estavam participando era mostrar para eles que a mulher pode perfeitamente ocupar, e dar seguimento aos estudos e seguir carreira na área de exatas é perfeitamente possível, bem como exercer funções predominantemente masculinas.

Tentamos mostrar com o produto e sua prática educativa, que, segundo ROGERS (2001) o estudante pode ter uma relação interpessoal com o facilitador (professor) que por sua vez deve ter uma postura de autenticidade, que possibilite a cada aluno confiar na sua potencialidade possibilitando a liberdade de expressão sem preconceitos e hostilidades, tornando o aluno centro da sala de aula.

Conclusão e Perspectivas Futuras

Neste trabalho desenvolvemos uma série de produtos com o objetivo tanto de conciliar conceitos de Astronomia com a grade curricular de Física, quanto a apresentação de um importante exemplo da contribuição feminina na ciência.

Ao discutirmos observações astronômicas, encontramos um elemento motivador quase que natural entre os alunos, que em diferentes momentos da execução da atividade fizeram perguntas relacionadas aos diversos eixos preconizados nos PCNs e que encontram suporte interdisciplinar na Física e na Astronomia. A escolha em trabalhar com variáveis cefeidas foi particularmente estratégico por permitir trazer em voga o trabalho de Henrietta Swan Leavitt e sua importante contribuição ao nos fornecer o recurso para determinação de distâncias extragalácticas, e que permitiram a descoberta da expansão do Universo.

Em três aulas, como planejadas, fomos plenamente capazes de executar a apresentação de todos os conceitos físicos que são úteis para explicar estas repercussões do trabalho de Leavitt, no entanto, tentando conciliar o planejamento didático da turma com os limites temporais para execução das atividades no mestrado, não propusemos uma aula específica em que estas conexões pudessem ser feitas. Assim, no que diz respeito puramente aos aspectos do currículo da Física, todos os conceitos propostos foram explorados de maneira significativa. Isso pode ser visto nos resultados de como evoluíram os números de acertos no pré e no pós-testes, apresentados nas *Figura 4.1* e *Figura 4.2*. Estes testes não foram feitos com nenhuma pretensão estatística, mas servem como feedback do grau de retenção dos alunos em um processo de avaliação formativa. Apesar de termos tabulado os resultados de questões equivalentes para o ENEM e termos filtrado e contabilizados os resultados destas questões para os alunos de Sergipe, não o utilizamos para comparações, o que nos permitiria abrir mão de um grupo de controle. Justificamos esta opção em razão das escolhas e cortes que temos que fazer dentro de um curso de pós-graduação com as características que assumimos. Na atual configuração do Mestrado Profissional devemos assumir uma carga bastante elevada de créditos ao longo de 2 anos e desenvolver um produto que acaba sendo inédito, ao mesmo tempo que devemos renovar nossa prática profissional como professores. Como o foco principal deste mestrado é o produto e sua aplicação, acabamos naturalmente nos restringindo as possibilidades que a discussão e análise dos dados nos permitiria fazer. Neste aspecto, deixamos como perspectiva futura uma melhor exploração do material consolidado e a contraposição dos resultados advindo deste com aqueles traçados pelo ENEM.

Dentre os materiais desenvolvidos destacamos a caixa simuladora de campo estelar que funcionou como um importante elemento motivador dos alunos e um prático recurso para simularmos as observações do céu em situações em que não teríamos como promover observações com os alunos. Explorando aspectos de Física Investigativa pudemos testemunhar a articulação dos alunos no processo de restringir conceitos significativos e pouco significativos relativos aos fenômenos observados. Com isso, durante a discussão, pudemos traçar paralelos entre a Física e

o papel das mulheres na ciência, separando “variáveis” intrínsecas e “extrínsecas” nos dois âmbitos e que contribuem para os fenômenos que observamos na esfera científica e social. Ao contextualizarmos historicamente os resultados de Henrietta Leavitt, pudemos ilustrar como apesar das variáveis sociais “extrínsecas”, que influem na ocultação do talento de diversas mulheres na ciência, ainda assim o brilho “intrínseco” de diversas mulheres talentosas pode iluminar o rumo da ciência e de novos talentos. De maneira análoga a esta discussão social, no campo físico a descoberta das variáveis cefeidas nos permitiram expandir os conceitos de Universo.

A própria eletrônica da caixa simuladora despertou grande curiosidade nos alunos, e poderia ser utilizada em uma aula sobre circuitos elétricos para explicar circuitos do tipo RC, tempo de carga de descarga de um capacitor e a lei de Ohm, mas isso transcenderia os propósitos iniciais traçados para este trabalho.

Utilizamos a descrição de como desenvolver estes recursos como roteiro para elaboração de diversos vídeos tutoriais com o objetivo de auxiliar aos professores na reprodução de nossa atividade ou para o desenvolvimento de seus próprios materiais. Cada recurso foi desenvolvido de forma independente dos demais, de modo que nossos materiais podem ser aproveitados em diferentes disciplinas e séries de forma modular.

Entre as propostas de atividades para levar aos conceitos físicos estudados por Leavitt em variáveis cefeidas, exploramos uma atividade de fotometria com mapas de fluxo. A partir disto pudemos explicar o conceito de fotometria e de grandezas que podem ser medidas por meio da luz incidente em um detector. Estes são pré-requisitos para compreender os conceitos de ondas eletromagnéticas, que serão exploradas no terceiro ano, e serviram para revisar os conceitos de óptica, que foram abordados no segundo ano. Em termos de produtos exploramos quase que marginalmente os conceitos de instrumentos ópticos. Por meio de óptica geométrica fomos capazes de cobrir, em uma única aula, instrumentos simples como a lupa e outros mais complexos como o microscópio e os telescópios. Além disso, fizemos uma “rara incursão” a conceitos da óptica física, em que ademais da medida dos fluxos de luz em mapas de fluxos, ilustrando como as imagens são constituídas (terceiro eixo temático do ensino de Física nos PCNs), exploramos o conceito da equação da onda, implícitos tanto no quarto quanto no quinto eixo temático dos PCNs para Física.

Com o propósito de agilizar a execução das atividades sobre a equação da onda, elaboramos uma planilha eletrônica que ilustrou especialmente os conceitos de período e frequência necessários para compreensão do diagrama Período-Luminosidade da *Figura 2.5*, com a qual Henrietta Leavitt revolucionou a Astrofísica. Para amarrar a compreensão plena desta relação é que desenvolvemos a sequência didática da aula 3, Apêndice F – Sequência Didática, em que exploramos a capacidade de smartphones modernos em medir o fluxo luminoso por meio seu sensor de luz e do aplicativo OuroLux. Promovemos uma atividade investigativa em que construímos gráficos com a colaboração dos alunos. Estes fizeram simultaneamente a medida do fluxo luminoso, em unidades de lux, e a distância da fonte com respeito à fonte luminosa. Com isso pudemos romper com o conceito preliminar bastante comum de que a dependência do brilho de uma fonte teria um comportamento linearmente decrescente com a distância. Tivemos a

oportunidade de colocar os alunos, de uma maneira bem alternativa, em contato com a lei do inverso do quadrado da distância. Isto tem importantes conexões com a Lei Gravitação Universais, a Lei de Coulomb e da lei equivalente para Forças Magnéticas. Esta dependência nos permitiu discutir o uso da lei do inverso do quadrado da distância como recurso para determinar grandes distâncias por meio de “velas padrão” em Astronomia, como as variáveis cefeídas estudadas por Henrietta Leavitt. Com este recurso pudemos apresentar aos alunos de como esta cientista, além de expandir os limites da nossa própria galáxia, nos permitiu descobrir a expansão do Universo e também a Energia Escura, cuja a existência é defendida em razão desta expansão do universo se dar de uma forma aparentemente acelerada.

Para que estes últimos conceitos fossem explorados de uma maneira mais quantitativa, verificamos a necessidade de correção da nossa atividade para que incluísse a fotometria de campos de cefeídas melhores do que as que conseguimos obter com observações próprias. Como inicialmente estas observações constituiriam parte do elemento motivador de nosso trabalho com os alunos, não nos restringimos a simplesmente aplicar observações já feitas em programas como o HOU (Hands on Universe) ou mesmo observações profissionais publicadas pelo Hubble. No entanto, devido aos limites a que estaríamos sujeitos para realizar observações com os alunos, e dada a qualidade dos resultados que conseguimos com observações em um sítio observacional como Aracaju, devemos reconsiderar estas possibilidades.

Ficou para uma atividade futura o desenvolvimento de uma quarta aula discutindo puramente a aplicação da relação período-luminosidade e a verificação da expansão do Universo, que apesar de aparentemente se tratarem apenas de Astronomia, cumprem plenamente com os objetivos do sexto eixo temático dos PCN+.

Referências Bibliográficas

AGRELLO, D. A.; GARG, R. Mulheres na física: poder e preconceito nos países em desenvolvimento. 2009.

AVVSO. Disponível em: <<https://www.aavso.org/types-variables>>. Acesso em: 17 de agosto de 2017

BARBOSA, M. C.; LIMA, B. S. Mulheres na física do brasil: por que tão poucas? e por que tão devagar? **Trabalhadoras: Análise da Feminização das Profissões e Ocupações**, edited by Silvia Cristina Yannoulas (Editorial Abaré, Brasília, 2013), 2013.

BARTELMEBS, R. C.; MORAES, R. Astronomia nos anos iniciais: possibilidades e reflexes. **Revista Espaço Pedagógico**, 2013. v. 19, n. 2.

BECK, A. T. The past and future of cognitive therapy. **The Journal of psychotherapy practice and research**, 1997. v. 6, n. 4, p. 276.

BOÉTIE, E. De LA. **O discurso da servidão voluntária ou o contra um**. São Paulo: Brasiliense. 2016

BORDONI, T. Saber e fazer... competências e habilidades. **Texto publicado no site Pedagogo Brasil**. In: <http://www.pedagobrasil.com.br/pedagogia/saberefazer.htm>, 2008.

CAMTASIA. **Sortware editor de vídeo camtasia studio**. Disponível em: <<https://www.techsmith.com/video-editor.html>>.

ENEM, E. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2015/edital_enem_2015.pdf>.

FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro**. [S.l.]: Edições Loyola, 2002.

GONÇALVES, C. D. E. Carlos henrique gonçalves. 2014.

IMAGEJ. **Editor de imagens**. Disponível em: <<https://imagej.nih.gov/ij/download.html> > Acesso em: 15 de agosto de 2016.>.

INEP. **Microdados inep**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/microdados>>.

MOURÃO, R. **Pelos céus do sul - as mulheres na astronomia**. Disponível em: <<http://www.portaldoastronomo.org/cronica.php?id=77> Último Acesso: 21 Fevereiro de 2016>.

PCN/MEC. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental : temas transversais**. [S.l.]: MEC, 1998.

PCN+/MEC. **Parâmetros curriculares do ensino médio: ciência da natureza**. [S.l.]: MEC, 1999.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**: [S.l.]: Artmed Editora, 2015.

ROGERS, C. R. **Tornar-se pessoa**. [S.l.]: Martins Fontes, 2001.

SANTOS, E. **Vii reunião da sociedade de estudos astronômicos de sergipe**. Disponível em: <<http://sease.org.br/semana-sease/vii-sease-2016/>>.

SANTOS, E. F. Astronomia popular sob os céus de sergipe: mulheres promovendo ciência e tecnologia para todos. **Revista Ártemis**, 2015. v. 20, n. 1.

SCARANO JR, S. **Canal youtube scarano**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/user/scaranojraastro>>.

SEED, S. **Portal da secretaria de estado da educação de sergipe**. Disponível em: <<http://www.seed.se.gov.br/redeestadual/Escola.asp?cdescola=387&cdestrutura=466>>.

SEED/SE. **Referencial teórico curricular**. [S.l.]: Secretaria de Estado da Educação de Sergipe, 2011.

SHARPCAP. **Software sharpcap**. Disponível em: <<http://www.sharpcap.co.uk/sharpcap/downloads>>.

STELLARIUM. **Software simulador de planetário**. Disponível em: <<http://www.stellarium.org/pt/>>.

SUPERPROFESSOR®. **Banco de questões**. Disponível em: <https://www.sprweb.com.br/mod_superpro/index.phphttps://www.sprweb.com.br/mod_superpro/index.php>.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. [S.l.]: Penso Editora, 2015.

Apêndices

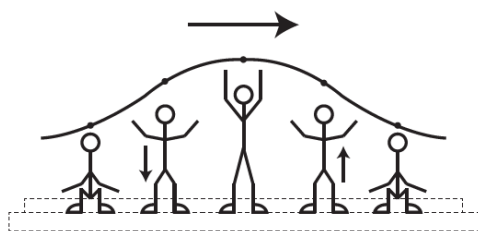
Apêndice A – Pré e Pós-Teste

RECURSOS MOTIVADORES DA ASTRONOMIA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE OSCILAÇÕES, ONDAS E ÓPTICA

EDIGENIA FERREIRA SANTOS

ORIENTADOR: SÉRGIO SCARANO JR

01. (ENEM-2013) Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a *ola mexicana*. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.



Calcula-se que a velocidade de propagação dessa “onda humana” é 45 km/h, e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm.

Disponível em: www.ufsm.br. Acesso em: 7 dez. 2012 (adaptado).

Nessa *ola mexicana*, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de

A) 0,3. B) 0,5. C) 1,0. D) 1,9. E) 3,7.

02. (ENEM-2011) Na câmara de cozimento de um forno de micro-ondas, a flutuação do campo elétrico é adequada para o aquecimento da água. Esse tipo de forno utiliza micro-ondas com frequência de 2,45 GHz para alterar a orientação das moléculas de água bilhões de vezes a cada segundo. Essa foi a frequência escolhida, porque ela não é usada em comunicações e também porque dá às moléculas de água o tempo necessário para completar uma rotação. Dessa forma, um forno de micro-ondas funciona através do processo de ressonância, transferindo energia para os alimentos.

TORRES, C. M. A. et al. Física: ciência e tecnologia. São Paulo: Moderna, 2001 (adaptado).

Sabendo que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no meio é de cerca de 3×10^8 m/s, qual é, aproximadamente, o comprimento de onda da micro-onda presente no forno, em cm?

A) 1,22 B) 12,2 C) 817 D) 8,17 E) 0,12

03. (ENEM-2012) Nossa pele possui células que reagem à incidência de luz ultravioleta e produzem uma substância chamada

melanina, responsável pela pigmentação da pele. Pensando em se bronzear, uma garota vestiu um biquíni, acendeu a luz de seu quarto e deitou-se exatamente abaixo da lâmpada incandescente. Após várias horas ela percebeu que não conseguiu resultado algum. O bronzeamento não ocorreu porque a luz emitida pela lâmpada incandescente é de

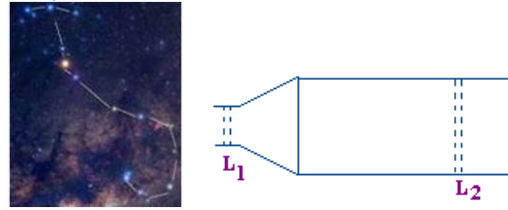
- A) curto comprimento de onda.
- B) um espectro contínuo.
- C) amplitude inadequada.
- D) baixa intensidade.
- E) baixa frequência.

04. (FMTM-MG-2014) Um microscópio composto é um dispositivo que permite visualizar objetos de pequenas dimensões. Seu sistema óptico é constituído de duas lentes: a ocular e a objetiva. Pode-se afirmar que:

- a) as duas lentes são divergentes
- b) as duas lentes são convergentes
- c) as duas lentes têm convergências negativas
- d) a ocular é convergente e a objetiva divergente
- e) a ocular é divergente e a objetiva convergente

05. (CESGRANRIO – UNIFICADO) Durante o mês de junho de 1999, foi possível observar Júpiter com seus satélites, próximo da Constelação de Escorpião, com o auxílio de uma pequena luneta. Sabendo disso, um estudante resolveu fazer suas próprias

observações, montando o seguinte dispositivo:



L_1 e L_2 são lentes, sendo que L_1 é a ocular, e L_2 é a objetiva. Sejam f_1 e f_2 as distâncias focais dessas lentes. Assinale a opção que indica o caso no qual foi possível o estudante fazer suas observações:

- a) $f_1 < 0$, $f_2 < 0$ e $|f_1| < |f_2|$
- b) $f_1 < 0$, $f_2 < 0$ e $|f_1| > |f_2|$
- c) $f_1 > 0$, $f_2 < 0$ e $|f_1| < |f_2|$
- d) $f_1 > 0$, $f_2 > 0$ e $|f_1| > |f_2|$
- e) $f_1 > 0$, $f_2 > 0$ e $|f_1| < |f_2|$

GABARITO

01 – C

02 – B

03 – E

04 – B

05 - E

5.1 Apêndice B – Caixa Simuladora de Campo Estelar

A Figura 6.1 mostra a Caixa Simuladora de Campo Estelar, que representa a Constelação de Cepheu. Nela está a estrela variável cefeída Delta Cephei, as estrelas variáveis têm o nome de Cefeída, devido ao fato da primeira estrela desse tipo sido observada na Constelação de Cepheu.

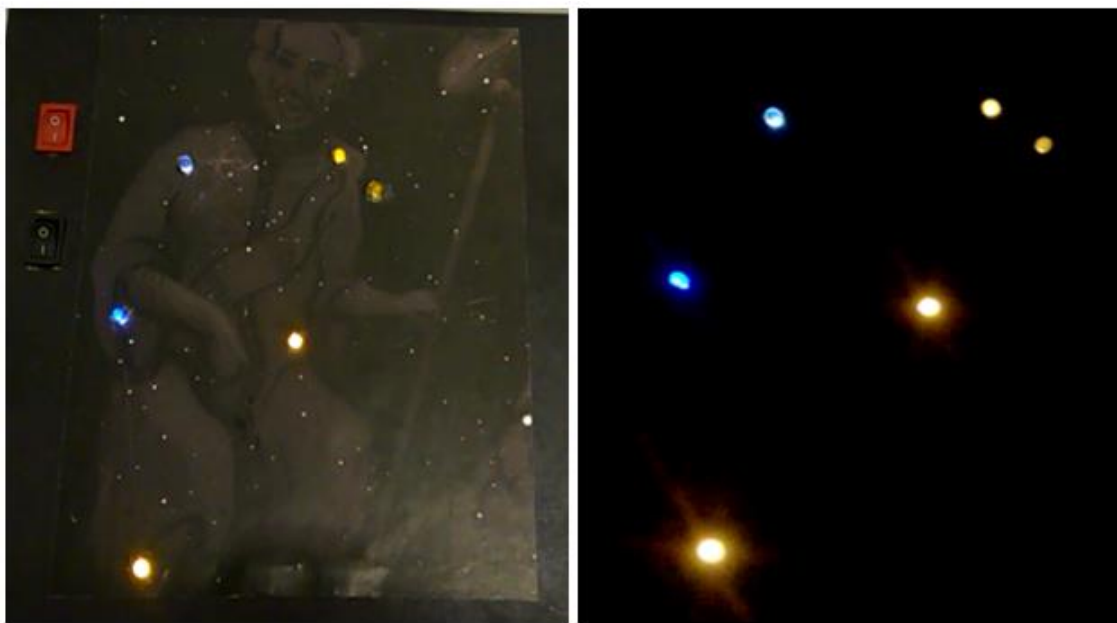


Figura 6.1: Caixa Simuladora de Campo Estelar com luz ambiente acesa (a esquerda) e com luz ambiente acesa (a direita)

A caixa simuladora é montada numa caixa de madeira, onde tem um circuito eletrônico que representa a variável Delta Cephei, as demais estrelas que compõe a constelação de Cepheu estão em um circuito mais simples. A Figura 6.1 mostra o esquema dos circuitos utilizados. Fizemos circuito em separado para podermos ligar e desligar a estrela cefeída separadamente das outras. Pois facilita a explicação e visualização da estrela variável.

O circuito das outras estrelas é composto de 5 (cinco) led's dispostos numa associação em paralelo. As cores dos led's foram escolhidas de forma a respeitar o mais fielmente possível as cores das estrelas da constelação. Apesar de não ter sido alvo desse trabalho, essa disposição oportuniza ao professor trabalhar os conceitos (resistores, lâmpadas) de associação em paralelo. E até mesmo servir de atividade prática, em cursos mais específicos em que seja lecionada a disciplina de eletricidade básica, bem como, servir como projeto de Feiras de Ciências.

Para ajudar na identificação dos pinos do CI 555 e dos terminais do transistor disponibilizamos na Figura 6.2 os diagramas com a identificação desses componentes.

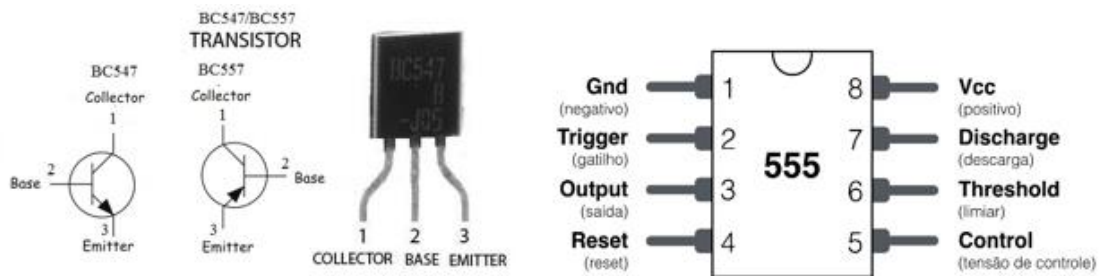


Figura 6.2: Esquema de ligação do circuito da estrela variável delta Cephei (a esquerda) e das demais estrelas da Constelação de Cepheu (a direita).

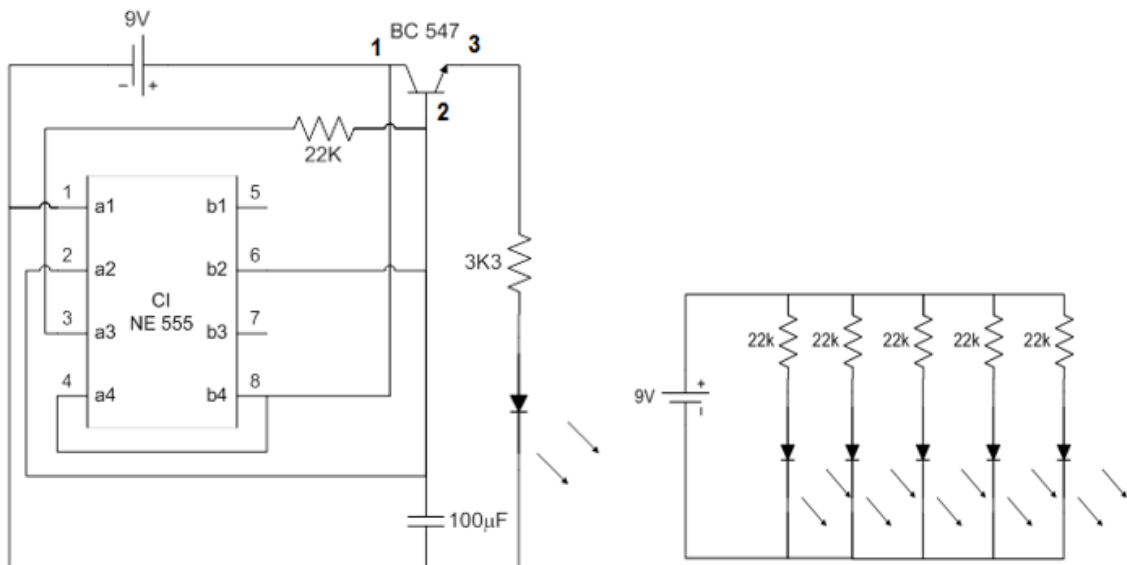


Figura 6.3: Esquemas do circuito da estrela variável delta Cephei (a esquerda) e da estrela das demais estrelas da Constelação de Cepheu (a direita).

A pulsação da estrela cefeída é gerada pelo Circuito Integrado 555, e pode ser mais lento ou mais rápido se alterar o valor do capacitor por outro valor. Já a intensidade do brilho das estrelas, pode ser alterada, simplesmente trocando os valores dos resistores indicados, por outros de valor menor.

O esquema de ligação a *Figura 6.4* ajuda o professor na montagem do circuito, pois ele pode facilmente ver onde os terminais de cada componente devem ser ligados.

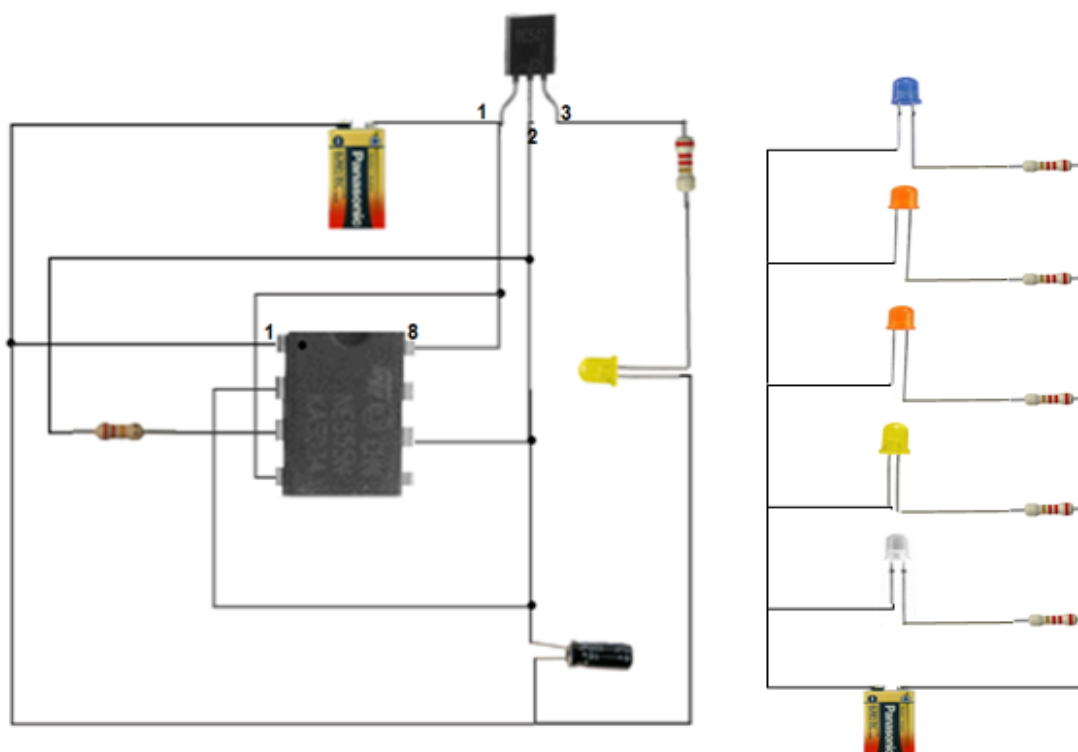


Figura 6.4: Esquema de ligação do circuito da estrela variável delta Cephei (a esquerda) e das demais estrelas da Constelação de Cepheus (a direita)

Para a aplicação de nosso produto precisamos de 6 (seis) Caixas Simuladoras, pois precisamos dividir as turmas em grupos de 4 (quatro) alunos para o melhor aproveitamento da atividade.

Conforme pode ser observado na **Tabela A.3**, providenciamos uma relação com todos os itens necessários para a construção da caixa simuladora com seus respectivos valores. O valor investido para a aquisição de todo material para confecção das seis caixas simuladores ficou em R\$ 126,86. Porém, se excluirmos os itens que são comuns a Caixa simuladora, cada uma ficou no valor de R\$ 45,66 **Tabela A.2**.

Além das instruções contidas neste Apêndice disponibilizamos vídeo tutorial ensinando a montagem que está disponível no canal do youtube de nosso orientador Sérgio Scarano¹².

¹² Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=W3zGsAh78WA&app=desktop>

Tabela A.2: Orçamento de materiais utilizados na confecção de uma da Caixa Simuladora






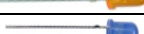
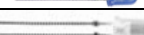










QUANTIDADE		DESCRIÇÃO	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
01		Circuito integrado NE 555	R\$ 2,00	R\$ 2,00
01		Transistor BC 547	R\$ 2,00	R\$ 2,00
06		Resistor 22K 1/4 W	R\$ 0,15	R\$ 0,90
01		Resistor 3K3 1/4 W	R\$ 0,15	R\$ 0,30
02		Led Amarelo	R\$ 0,50	R\$ 1,00
02		Led Laranja	R\$ 0,50	R\$ 1,00
01		Led Azul	R\$ 0,50	R\$ 0,50
01		Led Branco	R\$ 0,50	R\$ 0,50
01		Chave gangorra vermelha	R\$ 2,00	R\$ 2,00
01		Chave gangorra preta	R\$ 2,00	R\$ 2,00
01		Placa de circuito impresso perfurada 4,5 x 4,5	R\$ 5,00	R\$ 5,00
02		Plug bateria 9V	R\$ 1,00	R\$ 2,00
01		Caixa de madeira 25x25x5	R\$ 15,00	R\$ 15,00
02		Bateria 9V	R\$ 7,00	R\$ 7,00
02		Fecho rolete para móvel	R\$ 1,90	R\$ 3,80
01		Capacitor eletrolítico 100μ 16V	R\$ 0,50	R\$ 0,50
04		Parafuso pequeno para artesanato	R\$ 0,04	R\$ 0,16
				R\$ 45,66

Tabela A.3: Relação com orçamento de todos os materiais necessários na confecção da Caixa Simuladora

QUANTIDADE		DESCRIÇÃO	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
01		Circuito integrado NE 555	R\$ 2,00	R\$ 2,00
01		Transistor BC 547	R\$ 2,00	R\$ 2,00
06		Resistor 22K 1/4 W	R\$ 0,15	R\$ 0,90
01		Resistor 3K3 1/4 W	R\$ 0,15	R\$ 0,30
02		Led Amarelo	R\$ 0,50	R\$ 1,00
02		Led Laranja	R\$ 0,50	R\$ 1,00
01		Led Azul	R\$ 0,50	R\$ 0,50
01		Led Branco	R\$ 0,50	R\$ 0,50
01		Chave gangorra vermelha	R\$ 2,00	R\$ 2,00
01		Chave gangorra preta	R\$ 2,00	R\$ 2,00
01		Placa de circuito impresso perfurada 4,5 x 4,5	R\$ 5,00	R\$ 5,00
02		Plug bateria 9V	R\$ 1,00	R\$ 2,00
01		Caixa de madeira 25x25x5	R\$ 15,00	R\$ 15,00
02		Bateria 9V	R\$ 7,00	R\$ 14,00
02		Fecho rolete para móvel	R\$ 1,90	R\$ 3,80
01		Capacitor eletrolítico 100µ 16V	R\$ 0,50	R\$ 0,50
04		Parafuso pequeno para artesanato	R\$ 0,04	R\$ 0,16
01		Fita dupla face	R\$ 4,50	R\$ 4,50
01		Tinta spray preto fosco	R\$ 13,00	R\$ 13,00
01		Cola para isopor ou cola branca	R\$ 2,40	R\$ 2,40
01		Fios diversos (cabo de rede) 1m	R\$ 1,50	R\$ 1,50
01		Pistola cola quente	R\$ 15,00	R\$ 15,00
01		Botão de Silicone (pct com 4) Opcional	R\$ 3,90	R\$ 3,90
01		Ferro de Solda	R\$ 27,00	R\$ 27,00
01		Fio de Solda	R\$ 6,90	R\$ 6,90
				R\$ 126,86

5.2 Apêndice C – Imagens usadas na Fotometria

Produzimos vídeos tutoriais¹³ ensinando a confecção dos mapas de fluxo. Os arquivos originais no formato fit para a confecção das imagens fotométricas via Excel estão disponíveis na página do programa de pós¹⁴.

No entanto, o professor pode usar imagens do objeto que ele queira. Pode ser obtida através de observações feitas por ele mesmo, ou através de em sites que disponibilizam esse tipo de arquivo.

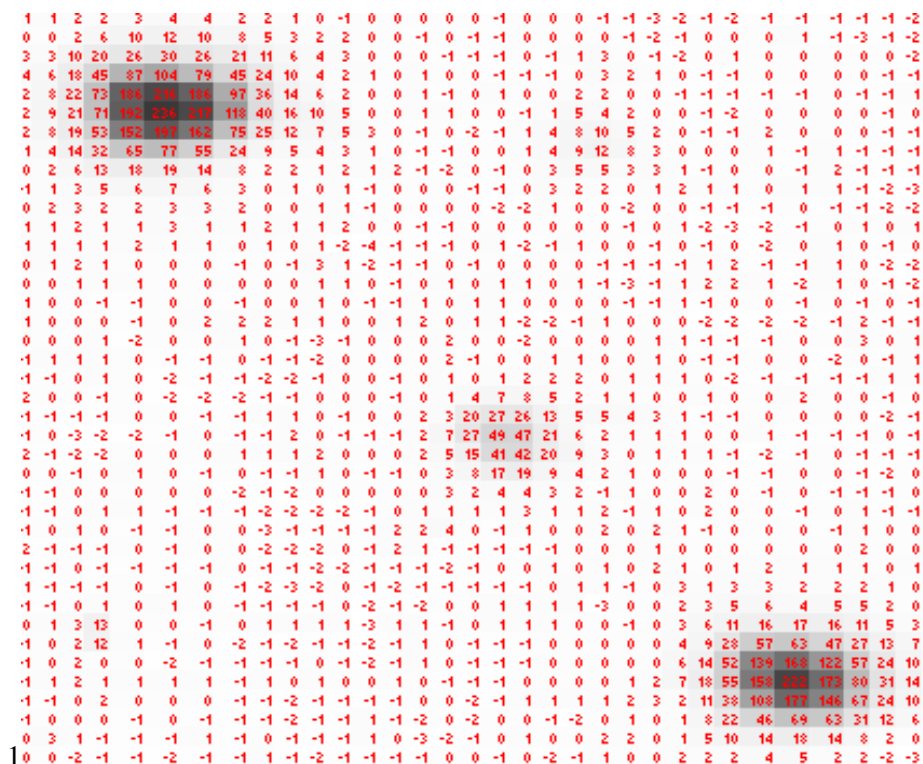
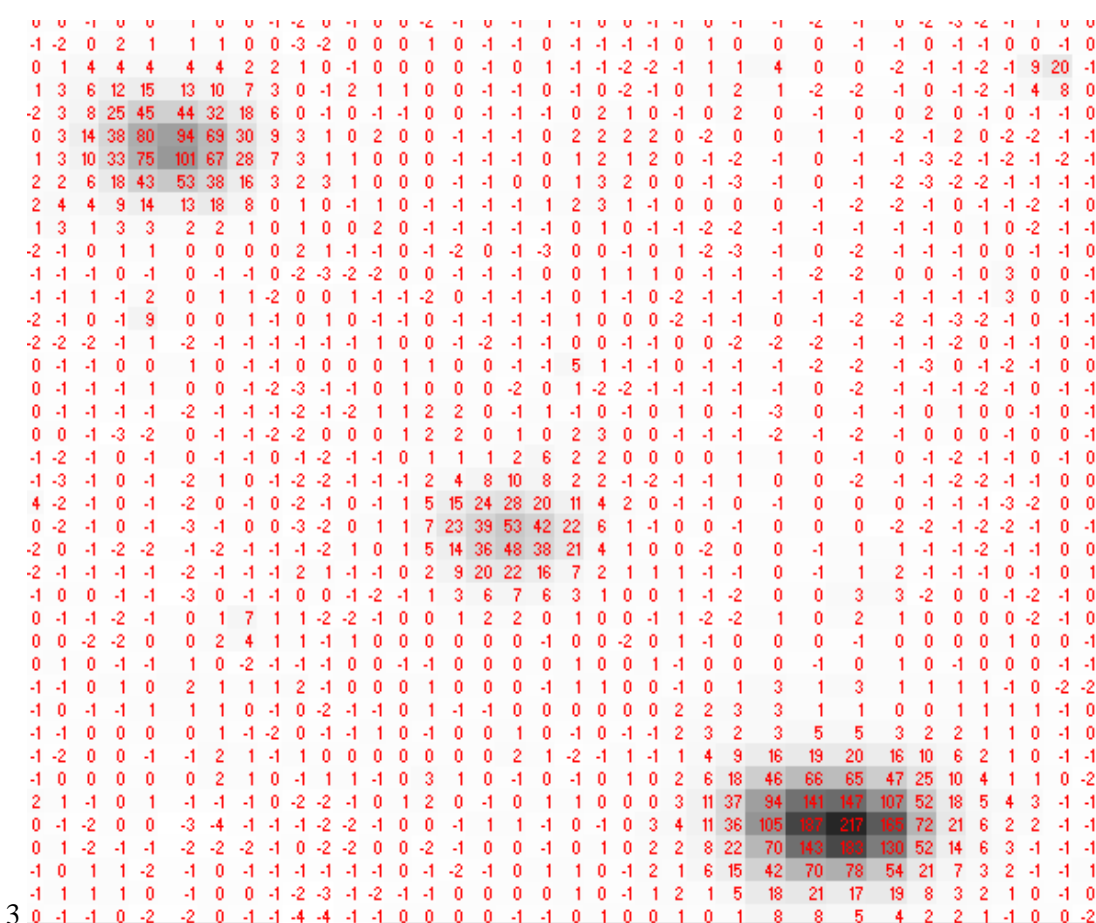
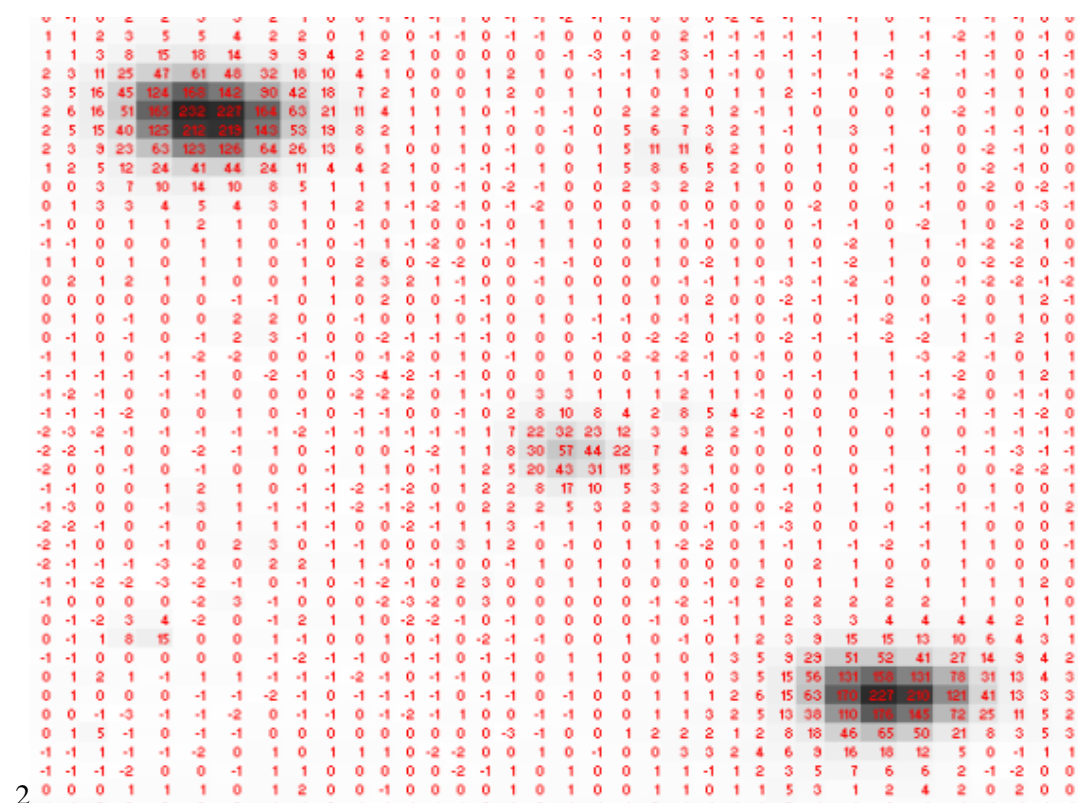


Figura 6.5: Variabilidade Luminosa Imagem 1

¹³ Download em < <http://www.youtube.com/user/scaranojraastro> >Acesso em: 16 de junho 2017

¹⁴ https://www.dropbox.com/s/65c70x3ls4qczsz/Produto_Edigenia_2017_%20MNPEF_POLO11.zip?dl=0



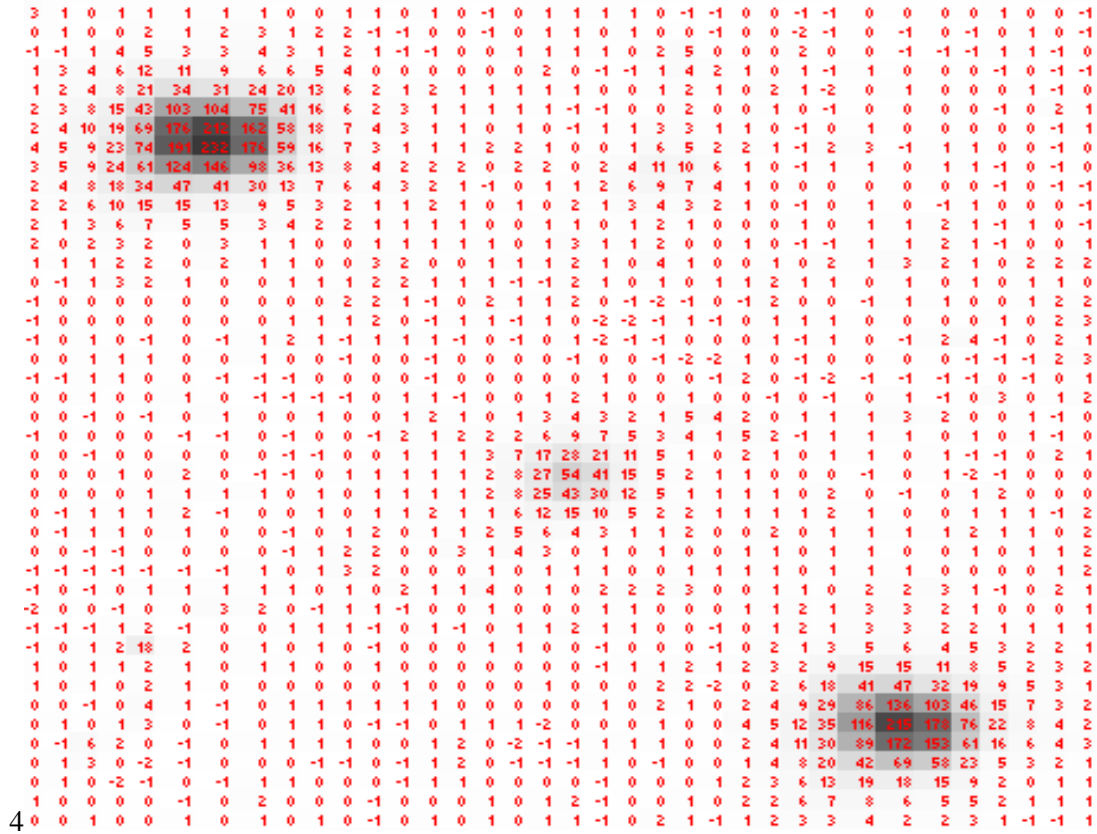
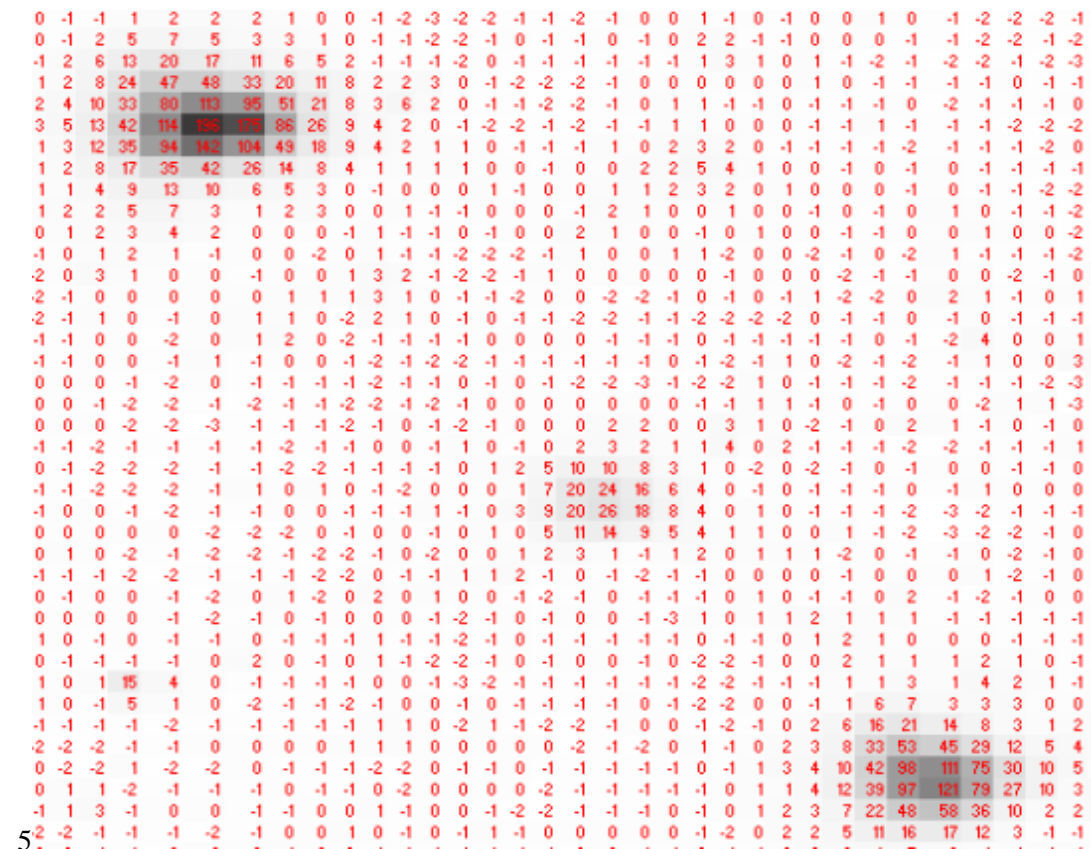


Figura 6.8: Variabilidade Luminosa Imagem 4



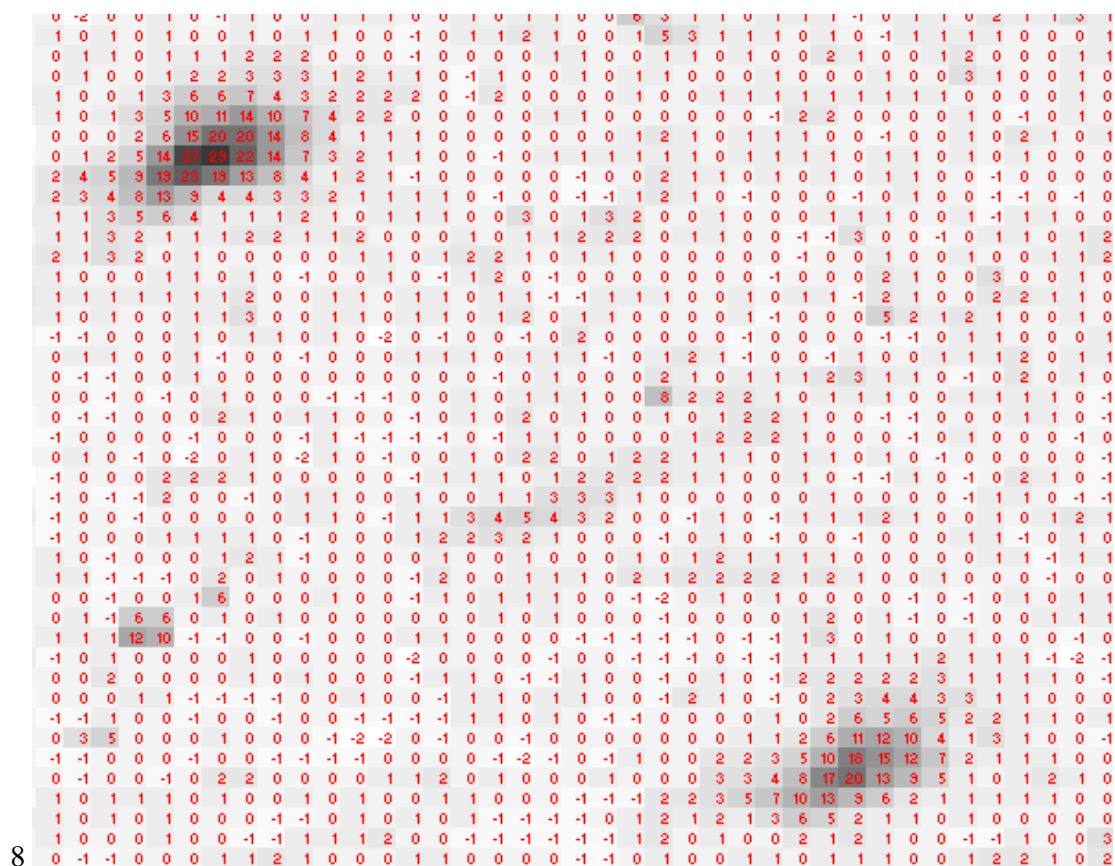
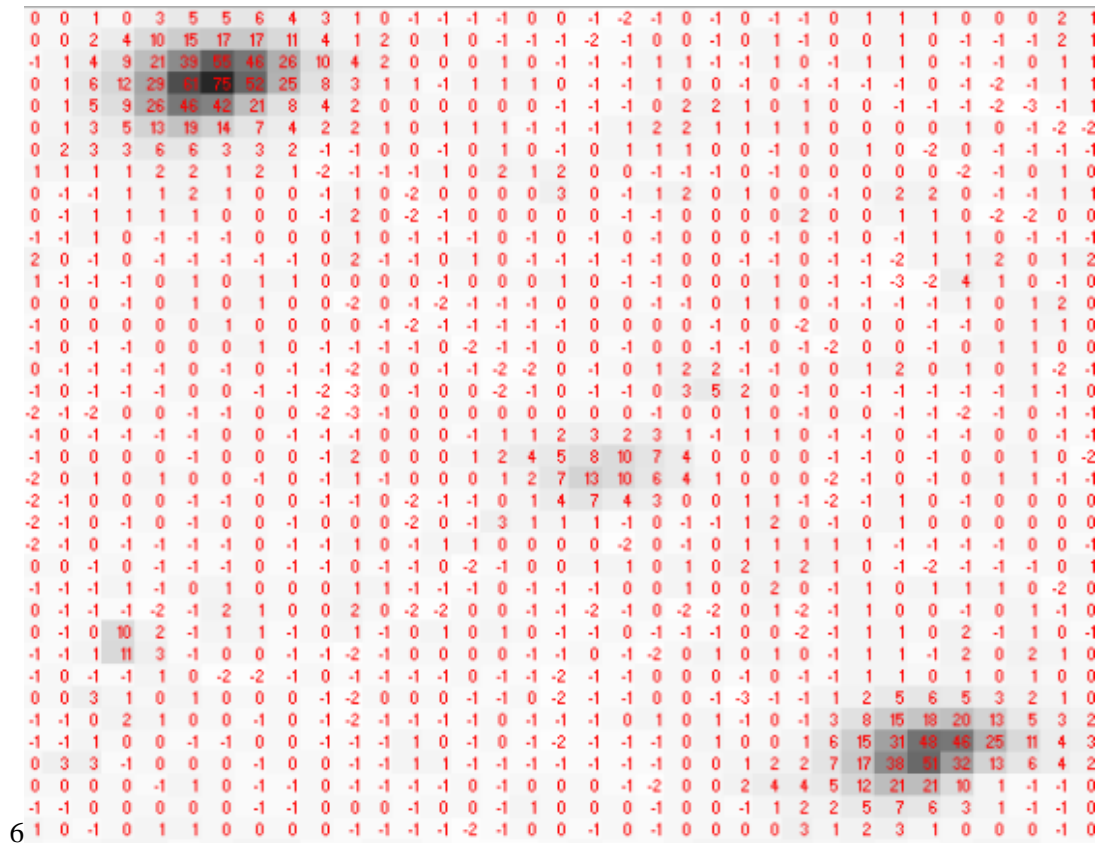
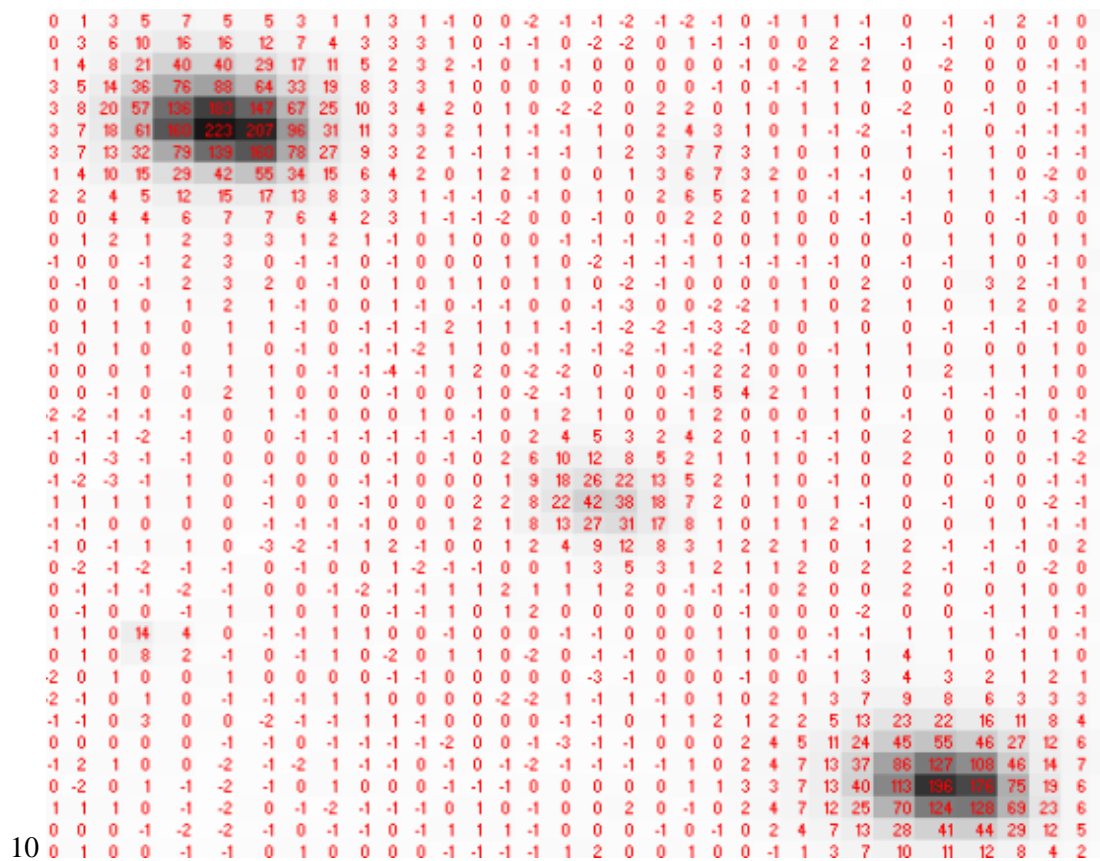




Figura 6.12: Variabilidade Luminosa Imagem 9



5.3 Apêndice D – Planilha Interativa

A operação da Planilha Interativa para Testar a Equação da Onda¹⁵ será descrita neste Apêndice, foi pensada como forma alternativa para que os alunos visualizassem de maneira participativa o que pode acontecer com a onda quando alteramos alguns parâmetros da mesma.

Para a criação da planilha interativa utilizamos a função macro do Excel. Ela é composta de:

- Campo na cor verde onde podemos variar a amplitude e a frequência.
- Campo na cor laranja, no qual os alunos podem inserir seu nome, série e turma.
- Campo na cor azul onde os alunos inserem os valores de comprimento de onda medido e a frequência calculada.
- Campo indicador de faixa de frequência, disposto em: alta, média e baixa.
- Imagem uma corda oscilante.
- Área de plotagem da função de onda.

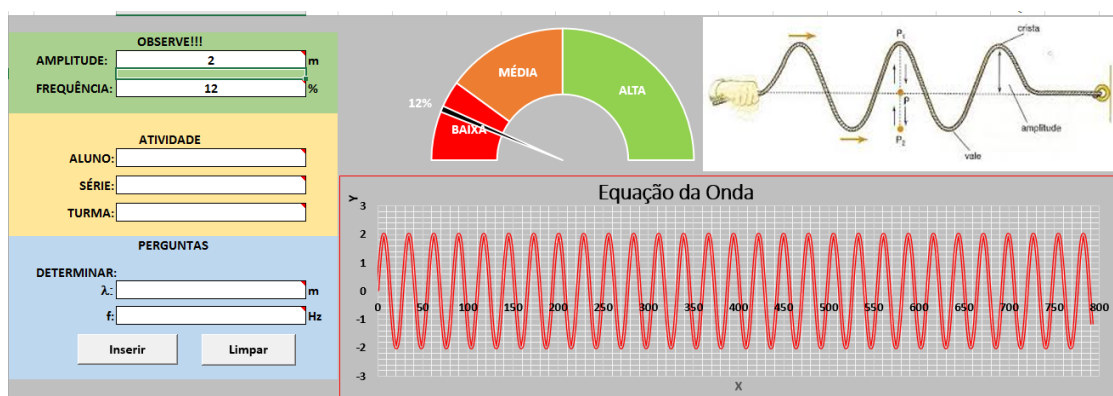


Figura 0.14: Planilha Interativa para Testar a Equação de Onda

A operação da planilha dá-se da seguinte forma

- 1) Orientar os alunos sobre a função de cada campo da planilha.
- 2) Pedir que os alunos alterem os valores de amplitude e percentual de frequência nos campos na cor verde e observar o que acontece com a onda.
- 3) Pedir para que os alunos cliquem e arrastem na Imagem da corda oscilante para que ela fique sob a Equação de Onda
- 4) Alterar os valores de amplitude e frequência para que o gráfico da Equação da Onda fique sobreposta e a mais semelhante possível à Imagem da corda oscilante

¹⁵https://www.dropbox.com/s/65c70x3ls4qczsz/Produto_Edigenia_2017_%20MNPEF_POLO11.zip?dl=0

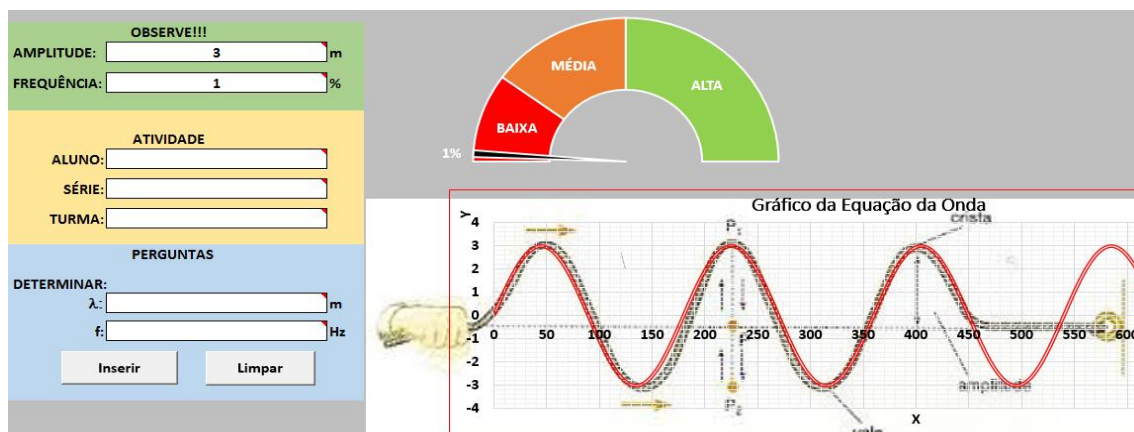


Figura 6.15: Planilha interativa mostrando a sobreposição da Imagem da onda padrão e o gráfico que representa a Equação de Onda.

- 5) Solicitar que os alunos, agora insiram valores de amplitude e percentual de frequência, que eles desejarem, no campo da cor verde, e em seguida medir o valor do Comprimento de Onda.
- 6) Calcular a frequência, usando o valor de comprimento de onda medido, considerando um valor de Velocidade da Onda predeterminado pelo professor.
- 7) Digitar os valores de comprimento de onda e Frequência nos campos da cor azul.
- 8) Pedir para que os alunos digitem seus nomes e turma no campo cor de laranja. E em seguida salvar todos os dados clicando no botão inserir.

O professor pode ter acesso aos dados dos alunos em uma planilha, com os respectivos acertos e erros. Onde pode fazer a correção e atribuir nota, se for o caso.

5.4 Apêndice E – Experimento sobre a Lei do Inverso da Distância

Para realizar o experimento da Lei do inverso do quadrado da distância precisamos dos seguintes materiais:

- Smartphone com aplicativo Orolux¹⁶ disponível para Android e iPhone instalado
- Smartphone com lanterna ou qualquer outra fonte de luz
- Uma fita métrica

¹⁶ <http://www.ourolux.com.br/luximetro>

Orientar os alunos para seguir os seguintes procedimentos:

- 1) Baixar aplicativo gratuito para medir intensidade de luz.
- 2) Ligar a lanterna do celular de modo a que a luz incida na câmera do celular que tem aplicativo para medir intensidade de luz.
- 3) Com a fita métrica, medir a distância da fonte de luz ao celular que tem aplicativo de intensidade de luz. (*Erro! Fonte de referência não encontrada. Erro! Fonte de referência não encontrada.*)
- 4) Registrar os valores de distância e de fluxo luminoso na Tabela

Tabela 4: Tabela com dados colhidos no experimento

d (m)	1/ d ² (m ⁻²)	E (lux)
0,20		
0,30		
0,40		
0,50		
0,60		
0,70		
0,80		
0,90		
1,00		

- 5) Variar a distância da fonte luminosa ao painel e repetir o procedimento descrito em 3 e 4.

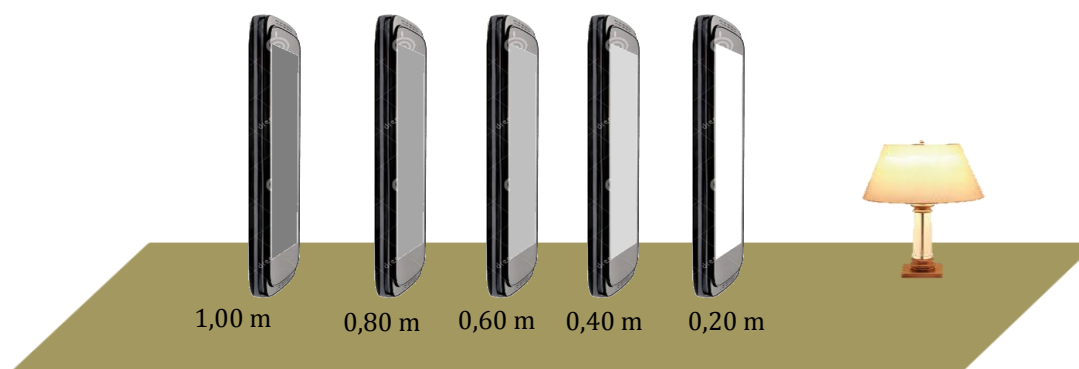


Figura 6.16: Esquema do experimento com valores de distância e intensidade luminoso coletados

6) Construir o gráfico Intensidade Luminosa x Distância

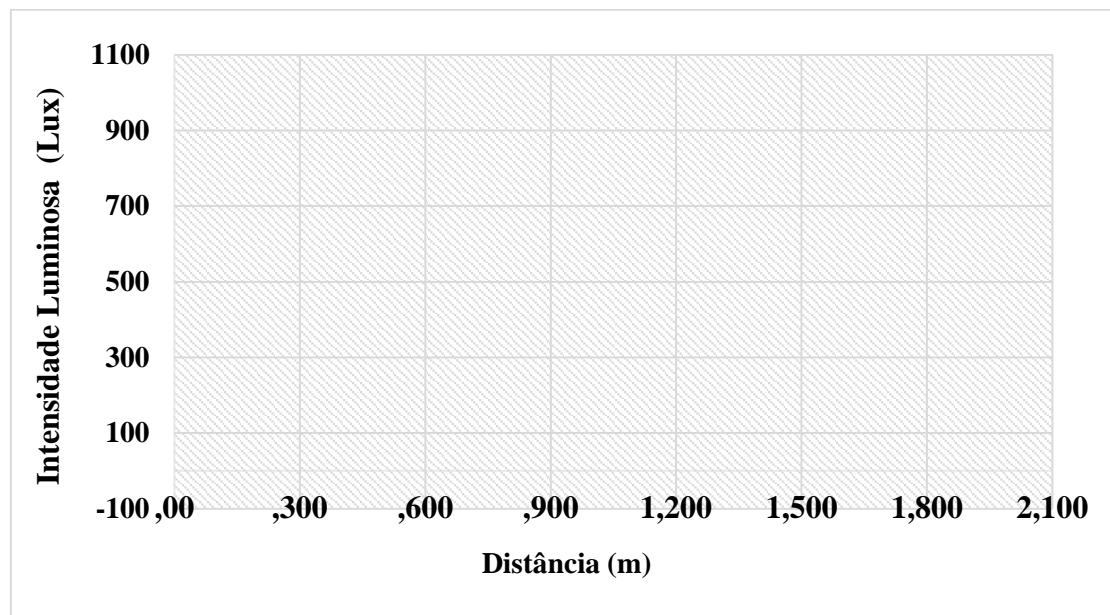


Figura 6.17: Gráfico Intensidade Luminosa x Distância

7) Construir o Gráfico Intensidade Luminosa x $1/d^2$

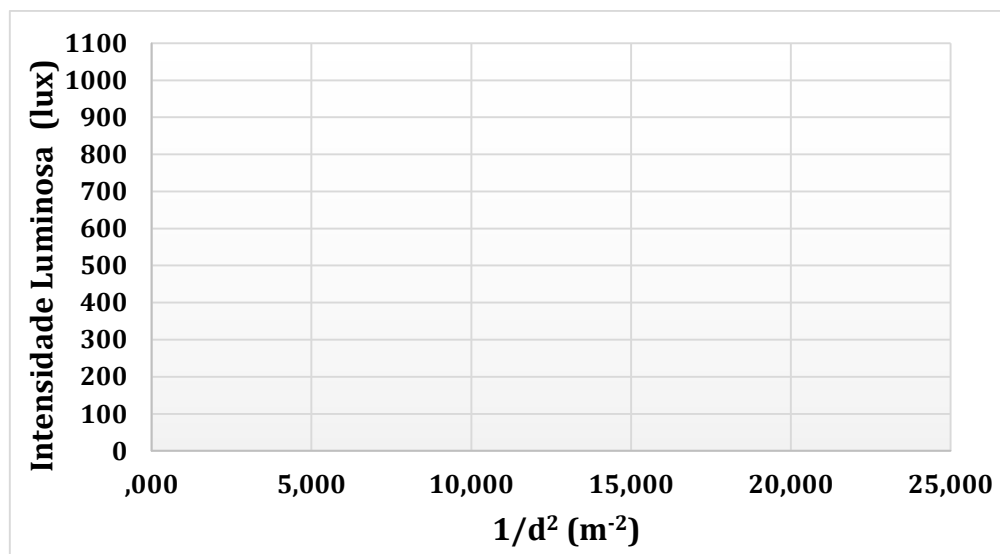


Figura 6.18: Gráfico Intensidade Luminosa x $1/d^2$

5.5 Apêndice F – Sequência Didática

5.5 1. – Plano de Aula

PLANO DE AULA 1
TURMA: 9º ano do Ensino Fundamental 2ª e 3ª Séries Ensino Médio
TEMA
Ondulatória Instrumentos Ópticos
DURAÇÃO
TEMPO: 50 minutos
OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">➤ Compreender os fenômenos ondulatórios periódicos➤ Reconhecer as Constelações e Sistemas de Referência➤ Entender funcionamento dos instrumentos Ópticos, em especial o Telescópio
CONTEÚDO
<ul style="list-style-type: none">➤ Instrumentos Ópticos➤ Constelações e Sistema de Referência➤ Conceito de Fluxo Luminoso
METODOLOGIA DE ENSINO
<ul style="list-style-type: none">➤ Encontra-se neste Apêndice F – Sequência Didática
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
<ul style="list-style-type: none">➤ Participação nos trabalhos desenvolvidos sobre o conteúdo.➤ Capacidade de entender os conceitos ministrados através de simulações➤ Conhecimento da contribuição feminina para o desenvolvimento das Ciências
RECURSOS NECESSÁRIOS
<ul style="list-style-type: none">➤ Computadores (sala de informática)➤ Projetor;➤ Caixa Simuladora de Campo Estelar➤ Simulação com o Stellarium

PLANO DE AULA 2
TURMA: 9º Ano Ensino Fundamental 2ª e 3ª Séries Ensino Médio
TEMA
Ondulatória
DURAÇÃO
TEMPO: 50 minutos
OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar os Elementos da Onda ➤ Fazer medida de Fotometria ➤ Construir Gráficos ➤ Fazer análise de gráficos
CONTEÚDO
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elementos da Onda: Comprimento de Onda; Amplitude, Frequência ➤ Medida do Fluxo Comparado (Fotometria Relativa) ➤ Oscilações e Análise de Gráficos
METODOLOGIA DE ENSINO
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Encontra-se neste Apêndice F – Sequência Didática

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Participação nos trabalhos desenvolvidos sobre o conteúdo. ➤ Capacidade de construir gráficos ➤ Trabalho interativo com o gráfico e equação da onda
RECURSOS NECESSÁRIOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Computadores (sala de informática) ➤ Projetor; ➤ Caixa Simuladora de Campo Estelas ➤ Planilha Interativa

PLANO DE AULA 3
TURMA: 9º Ano Ensino Fundamental 2ª e 3ª Séries Ensino Médio
TEMA
Ondulatória
DURAÇÃO
TEMPO: 50 minutos
OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medir a distância da fonte de luz ao celular que tem aplicativo de intensidade de luz. ➤ Registrar os valores de distância e de fluxo luminoso na Tabela. ➤ Construir Gráficos
CONTEÚDO
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lei do Inverso do Quadrado da Distância ➤ Iluminância ➤ Medida da Distância por Referências Padrões de Luminosidade
METODOLOGIA DE ENSINO
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Encontra-se neste Apêndice F – Sequência Didática
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Participação nos trabalhos desenvolvidos sobre o conteúdo. ➤ Capacidade de construir gráficos e analisar gráficos
RECURSOS NECESSÁRIOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Computadores (sala de informática) ➤ Projetor; ➤ Aparelho de Celular com aplicativo de medição de intensidade Luminosa instalado ➤ Aparelho celular com lanterna ou outra fonte de luz semelhante ➤ Fita métrica

5.5 2 – Etapas da Sequência Didática

Aula 1	Aula 2	Aula 3
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicar o Pré-Teste que será um termômetro do grau de conhecimento prévio que aluno tem sobre o assunto. Erro! Fonte de referência não encontrada. ✓ Perguntar para os alunos. Quais são os eventos que se repetem cotidianamente na natureza? ✓ Incentivar aos alunos aproveitando suas respostas e dando exemplos, que o professor escolherá livremente para ir reproduzindo no projetor. ✓ Explicar a variabilidade do brilho das estrelas, e como ela pode ocorrer especialmente no caso das Estrelas Variáveis Cefeídas. ✓ Distribuir as Caixas de Simulação de Campo Estelar, tratando da primeira Cefeída, Delta Cephei, descoberta na constelação de Cepheus. Erro! Fonte de referência não encontrada. ✓ Mostrar a importância da contribuição da feminina para a Astronomia. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Iniciar a aula tratando dos Elementos da Onda e da Equação Fundamental da Ondulatória ✓ Redistribuir as Caixas Simuladoras de Campo Estelar ➤ Tratar conceito de brilho, e sua relação com a magnitude absoluta e aparate. ➤ Introduzir o conceito de Fotometria. ➤ Mostrar os equipamentos utilizados em uma observação ➤ Distribuir o material com as imagens trabalhadas no Excel para que os alunos as coloquem na sequência de sua variabilidade. Erro! Fonte de referência não encontrada.. ➤ Orientar os alunos como é feita a fotometria a partir da contagem de valores numéricos que representam a variação da intensidade luminosa ➤ Construir uma curva de Luz, com os dados da contagem feita pelos alunos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Solicitar que os alunos baixem o aplicativo gratuito que meça a intensidade de luz. Isso pode ser solicitando na aula anterior. ➤ Fazer o experimento usando a lanterna do celular como fonte de luz incidindo na parede. Nesse momento só precisa observar o quando luz incide na parede e aos poucos vai afastando a fonte. ➤ Pedir para que os alunos se dividam em grupos, que dependerá da quantidade de alunos que tenham baixado o aplicativo. ➤ Demonstrar o procedimento para a realização do experimento ➤ Pedir para que os alunos, em grupo, repitam o processo ➤ Solicitar que eles insiram em uma tabela os valores de intensidade luminosa e a distância em que a fonte estava a cada leitura.

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falar do trabalho de Leavitt sobre as Cefeídas, e quais são os pontos podem ser destacados em sua pesquisa. ✓ Fazer com que os alunos tenham conhecimento do trabalho feito por Leavitt. Que apesar de todo, preconceito existente, ela fazia parte do grupo de pesquisadoras conhecidas como as Computadoras de Harvard. Que se destacavam em um universo predominantemente masculino. ✓ Fazer um apanhado sobre instrumentos ópticos, em especial os Telescópios Refletores e Refratores. ✓ Utilizar o software Stellarium como ferramenta de simulação de Telescópio. Erro! Fonte de referência não encontrada. ✓ Mostrar através da simulação quais são as características principais do Telescópio 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fazer a atividade com a Planilha Interativa para Testar a Equação de Onda. Erro! Fonte de referência não encontrada. ➤ Orientar os alunos como será realizada atividade usando a Planilha Interativa ➤ Pedir para que os alunos realizem a leitura do valor do comprimento ➤ Solicitar que os efetuem o cálculo da frequência para o valor de comprimento de onda medido por eles e para uma velocidade estabelecida pelo professor ➤ Orientar para que os alunos salvem esses valores calculado e encontrados sejam salvos na planilha ➤ O professor pode fazer a correção e avaliação da atividade a partir dos dados inseridos na planilha pelo aluno. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pedir que os alunos que construam os gráficos Intensidade Luminosa x Distância, e o Gráfico Intensidade Luminosa x $1/d^2$
---	--	---

